


**DEVICE FOR OPTICAL COMMUNICATION**

Patent Number: JP2002289911

Publication date: 2002-10-04

Inventor(s): ASAI MOTOO

Applicant(s): IBIDEN CO LTD

Requested Patent:  JP2002289911Application  
Number: JP20010373370 20011206

Priority Number(s):

IPC Classification: H01L31/12; G02B6/122; G02B6/42; H01L23/12; H01L31/02; H01L33/00; H01S5/022; H05K1/02;  
H05K1/14; H05K3/46

EC Classification:

Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a device for optical communication which is composed of a board for IC chip mounting, where a light-receiving element and a light-emitting element are mounted in specified positions and a multilayer printed wiring board, where an optical waveguide path is formed at a specified position, and is low in connection loss between mounted optical parts, and is superior in reliability on connection.

**SOLUTION:** In this device for optical communication, consisting of the board 120 for IC mounting and the multilayer printed wiring board 100, the board 120 for IC chip-mounting includes a conductor circuit 129, an interlayer insulating layer 122, and a via hole 127 connecting the conductor circuits catching the interlayer insulating layer, and a light-receiving element 138 and a light-emitting element 139 are mounted on the board 120 for IC chip mounting.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

**BLANK PAGE**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-289911

(P2002-289911A)

(43) 公開日 平成14年10月4日 (2002.10.4)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 1 L 31/12		H 0 1 L 31/12	G 2 H 0 3 7
G 0 2 B 6/122		G 0 2 B 6/42	2 H 0 4 7
6/42		H 0 1 L 33/00	N 5 E 3 3 8
H 0 1 L 23/12		H 0 1 S 5/022	5 E 3 4 4
31/02		H 0 5 K 1/02	T 5 E 3 4 6
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 27 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-373370(P2001-373370)  
(22) 出願日 平成13年12月6日 (2001.12.6)  
(31) 優先権主張番号 特願2000-371882(P2000-371882)  
(32) 優先日 平成12年12月6日 (2000.12.6)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000000158  
イビデン株式会社  
岐阜県大垣市神田町2丁目1番地  
(72) 発明者 浅井 元雄  
岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビデ  
ン株式会社大垣北工場内  
(74) 代理人 100086586  
弁理士 安富 康男

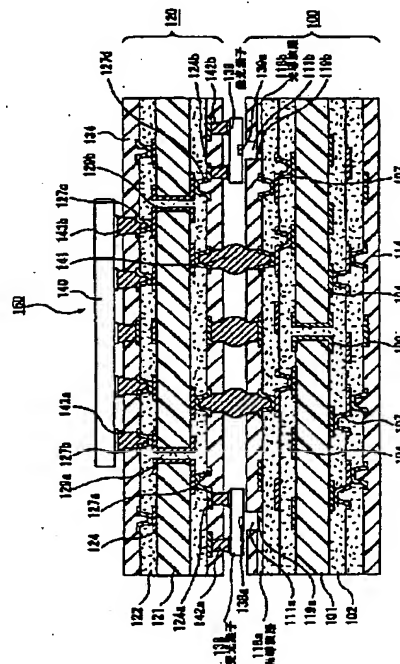
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光通信用デバイス

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 所定の位置に受光素子および発光素子が実装されたICチップ実装用基板と、所定の位置に光導波路が形成された多層プリント配線板とから構成され、実装した光学部品間の接続損失が低く、接続信頼性に優れた光通信用デバイスを提供する。

【解決手段】 ICチップ実装用基板120と多層プリント配線板100とからなる光通信用デバイスであって、上記ICチップ実装用基板120は、導体回路129、層間絶縁層122および上記層間絶縁層を挟んだ導体回路間を接続するパイアホール127を含んで構成されており、上記ICチップ実装用基板120には、受光素子138および発光素子139が実装されていることを特徴とする光通信用デバイス。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信デバイスであって、前記ICチップ実装用基板は、導体回路、層間絶縁層および前記層間絶縁層を挟んだ導体回路間を接続するバイアホールを含んで構成されており、前記ICチップ実装用基板には、受光素子および発光素子が実装されていることを特徴とする光通信デバイス。

【請求項2】 前記受光素子および前記発光素子が前記多層プリント配線板と対向する側の面に実装されている請求項1に記載の光通信デバイス。

【請求項3】 前記受光素子および前記発光素子が前記多層プリント配線板と対向する側の面と反対側の面に実装されている請求項1に記載の光通信デバイス。

【請求項4】 前記受光素子および前記発光素子のうちの一方が前記多層プリント配線板と対向する側の面に実装され、他方が前記多層プリント配線板と対向する側の面と反対側の面に実装されている請求項1に記載の光通信デバイス。

【請求項5】 前記ICチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されている請求項3または4に記載の光通信デバイス。

【請求項6】 前記導体回路および前記層間絶縁層は、基板の両面または片面に順次積層形成されたものである請求項1～5のいずれか1に記載の光通信デバイス。

【請求項7】 前記多層プリント配線板には、光導波路が形成されている請求項1～6のいずれか1に記載の光通信デバイス。

【請求項8】 前記多層プリント配線板には、前記受光素子および前記発光素子と、前記光導波路との間で光信号を伝送するための光信号伝送用光路が形成されている請求項7に記載の光通信デバイス。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信デバイスに関する。

【0002】近年、通信分野を中心として光ファイバに注目が集まっている。特にIT（情報技術）分野においては、高速インターネット網の整備に、光ファイバを用いた通信技術が必要となる。光ファイバは、①低損失、②高帯域、③細径・軽量、④無誘導、⑤省資源等の特徴を有しており、この特徴を有する光ファイバを用いた通信システムでは、従来のメタリックケーブルを用いた通信システムに比べ、中継器数を大幅に削減することができ、建設、保守が容易になり、通信システムの経済化、高信頼性化を図ることができる。

【0003】また、光ファイバは、一つの波長の光だけでなく、多くの異なる波長の光を1本の光ファイバで同時に多重伝送することができるため、多様な用途に対応可能な大容量の伝送路を実現することができ、映像サー

ビス等にも対応することができる。

【0004】そこで、このようなインターネット等のネットワーク通信においては、光ファイバを用いた光通信を、基幹網の通信のみならず、基幹網と端末機器（パソコン、モバイル、ゲーム等）との通信や、端末機器同士の通信にも用いることが提案されている。このように基幹網と端末機器との通信等に光通信を用いる場合、端末機器に光通信デバイスを取り付ける必要があり、光通信デバイスとしては、基板に光信号を送る光導波路、光信号を処理する受光素子や発光素子等の光学部品を備えたものが提案されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の光通信デバイスは、接続信頼性の点で十分に満足のいくものではなかった。これは、接続信頼性に優れた光通信を達成するための要因、即ち、光学部品間の接続（例えば、光ファイバと光導波路との接続や、光導波路と受光素子や発光素子との接続）における低接続損失の確保を充分に行うことができなかったためであると考えられる。

【0006】具体的には、従来の光通信デバイスでは、予め、受光素子や発光素子等の光学素子を実装するエリアを基板に形成しておき、この基板に光学素子を取り付けた後、埋め込み樹脂を充填、硬化すること等により光学素子を実装していた。しかしながら、このような方法で光学素子を実装した場合、該光学素子は、層間絶縁層やソルダーレジスト層の硬化処理、半田ペーストのリフロー処理等の際に受ける熱、基板の反りやめっき処理時の揺動に起因する応力等の影響により位置ズレが発生し易く、位置ズレが発生した場合には、他の光学部品（光導波路や光ファイバ）との接続信頼性が低下することとなった。さらに、光学素子の実装（取り付け）を接着剤や半田を用いて行った場合には、後工程の熱履歴により、この接着剤や半田が軟化し、これに伴って、光学素子の位置ズレが発生することがあった。

【0007】

【課題を解決するための手段】そこで、本発明者らは、光学部品間の接続における低接続損失の確保を行うために鋭意検討した結果、基板上および／または基板内に光学部品を実装する際に、各光学部品を所定の位置に実装する、即ち、各光学部品の位置ズレをなくすことにより低接続損失を確保することができることに想到し、下記の構成からなる本発明の光通信デバイスを完成させた。

【0008】即ち、本発明の光通信デバイスは、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信デバイスであって、上記ICチップ実装用基板は、導体回路、層間絶縁層および上記層間絶縁層を挟んだ導体回路間を接続するバイアホールを含んで構成されており、上記ICチップ実装用基板には、受光素子および発

光素子が実装されていることを特徴とする。

【0009】本発明の光通信用デバイスにおいては、上記受光素子および上記発光素子が上記多層プリント配線板と対向する側の面に実装されていることが望ましい。

【0010】また、上記光通信用デバイスにおいては、上記受光素子および上記発光素子が上記多層プリント配線板と対向する側の面と反対側の面に実装されているか、または、上記受光素子および上記発光素子のうちの一方が上記多層プリント配線板と対向する側の面に実装され、他方が上記多層プリント配線板と対向する側の面と反対側の面に実装されていることも望ましい。さらに、この場合には、上記ICチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されていることが望ましい。

【0011】また、上記多層プリント配線板において、上記導体回路および上記層間絶縁層は、基板の両面または片面に順次積層形成されたものであることが望ましい。

【0012】また、本発明の光通信用デバイスにおいては、上記多層プリント配線板に光導波路が形成されていることが望ましく、この場合、上記多層プリント配線板には、上記受光素子および上記発光素子と、上記光導波路との間で光信号を伝送するための光信号伝送用光路が形成されていることが望ましい。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の光通信用デバイスについて説明する。本発明の光通信用デバイスは、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスであって、上記ICチップ実装用基板は、導体回路、層間絶縁層および上記層間絶縁層を挟んだ導体回路間を接続するバイアホールを含んで構成されており、上記ICチップ実装用基板には、受光素子および発光素子が実装されていることを特徴とする。

【0014】本発明の光通信用デバイスは、所定の位置に受光素子および発光素子が実装されたICチップ実装用基板と、所定の位置に光導波路が形成された多層プリント配線板とから構成されているため、実装した光学部品間の接続損失が低く、光通信用デバイスとして接続信頼性に優れる。

【0015】特に、受光素子および発光素子がICチップ実装用基板の表面に実装されている場合には、導体回路、層間絶縁層および該層間絶縁層を挟んだ導体回路を接続するバイアホールを形成した後、最後に受光素子や発光素子の実装を行えばよい。実装後、導体回路や層間絶縁層を形成する際の熱や応力を受けることがない。従って、これらの熱や応力に起因した位置ズレが発生することがなく、所望の位置に確実に発光素子や受光素子を実装することができる。さらに、発光素子や受光素子等の光学素子がICチップ実装用基板の表面に実装されている場合には、該フリップチップ型のものであることが望ましい。発光素子や受光素子等の光学素子等の

位置ズレが発生しにくいとともに、光学素子のリペアーを容易に行うことができるからである。

【0016】また、本発明の光通信用デバイスにおいて、上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板とが半田バンプを介して接続されてなる場合には、半田が有するセルフアライメント作用により両者をより確実に所定の位置に配置することができる。なお、セルフアライメント作用とは、ソルダーレジスト層が半田をはじくため、リフロー処理時に半田が自己の有する流動性により半田バンプ形成用開口の中央付近により安定な形状で存在しようとする作用をいう。このセルフアライメント作用を利用した場合、上記半田バンプを介して、上記多層プリント配線板上に、上記ICチップ実装用基板を接続する際に、リフロー前には両者に位置ズレが発生していたとしても、リフロー時に上記ICチップ実装用基板が移動し、該ICチップ実装用基板を上記多層プリント配線板上の正確な位置に取り付けることができる。従って、上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板とのそれぞれに、受光素子や発光素子、光導波路等の光学部品を正確な位置に取り付けておけば、半田バンプを介して上記多層プリント配線板上に、上記ICチップ実装用基板を接続することにより接続信頼性に優れた光通信用デバイスを製造することができる。また、BGAやPGAを介して両者を接続する場合でも、同様の効果を得ることができる。

【0017】上記光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板には、受光素子および発光素子が実装されている。ここで、受光素子および発光素子の実装位置は特に限定されないが、上述したようにICチップ実装用基板の表面であることが望ましい。また、その場合、受光素子および発光素子の両者は、ICチップ実装用基板の多層プリント配線板と対向する側の面に実装されていてもよいし、ICチップ実装用基板の多層プリント配線板と対向する側の面と反対側の面に実装されていてもよいし、上記受光素子および発光素子のうちの一方がICチップ実装用基板の多層プリント配線板と対向する側の面に実装され、他方がICチップ実装用基板の多層プリント配線板と対向する側の面と反対側の面に実装されていてもよい。なお、受光素子および発光素子が、ICチップ実装用基板の多層プリント配線板と対向する側の面と反対側の面に実装されている場合、通常、上記受光素子および発光素子とICチップとはICチップ実装用基板の同一側の表面に実装されることとなる。

【0018】このように、上記受光素子および発光素子の実装位置を光通信用デバイスの設計に応じて適宜選択することにより、光通信用デバイスの設計の自由度がより向上するとともに、上記受光素子および発光素子と上記多層プリント配線板に形成された光導波路との間での位置ズレがより発生しにくくなり、光信号の接続信頼性がより向上することとなる。また、光通信用デバイスの

設計に応じて、受光素子および発光素子の実装位置を決定することにより、ICチップ実装用基板に応力が発生しにくくなる。具体的には、例えば、ICチップ実装用基板を構成する受光素子、発光素子、ICチップ、基板、層間絶縁層、導体回路等の熱膨張係数の差に起因する応力の発生を、それぞれの実装位置または形成位置を適宜選択することにより抑えることができる。また、ICチップ実装用基板の強度も確保することができる。

【0019】また、上記受光素子および発光素子が、ICチップ実装用基板の多層プリント配線板と対抗する側の面と反対側の面に実装されている場合、および、上記受光素子および発光素子のうち的一方がICチップ実装用基板の多層プリント配線板と対抗する側の面に実装され、他方がICチップ実装用基板の多層プリント配線板と対抗する側の面と反対側の面に実装されている場合には、上記ICチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されていることが望ましい。この光信号伝送用光路を介して多層プリント配線板に形成された光導波路との間で光信号の伝送を行うことができるからである。また、受光素子および発光素子の実装位置、および、光信号伝送用光路を形成するか否かを適宜選択することにより、受光素子および発光素子の実装位置をより自由に選択することができ、その結果、ICチップ実装用基板の設計においてフリースペースが広くなり高密度配線等を達成することができる。なお、上記フリースペースとは、導体回路を形成したり、コンデンサ等の電子部品を実装したりする領域をいう。

【0020】上記受光素子としては、例えば、PD（フォトダイオード）、APD（アバランシェフォトダイオード）等が挙げられる。これらは、上記光通信用デバイスの構成や、要求特性等を考慮して適宜使い分ければよい。上記受光素子の材料としては、Si、Ge、InGaAs等が挙げられる。これらのなかでは、受光感度に優れる点からInGaAsが望ましい。

【0021】上記発光素子としては、例えば、LD（半導体レーザ）、DFB-LD（分布帰還型半導体レーザ）、LED（発光ダイオード）等が挙げられる。これらは、上記光通信用デバイスの構成や要求特性等を考慮して適宜使い分ければよい。

【0022】上記発光素子の材料としては、ガリウム、砒素およびリンの化合物（GaAsP）、ガリウム、アルミニウムおよび砒素の化合物（GaAlAs）、ガリウムおよび砒素の化合物（GaAs）、インジウム、ガリウムおよび砒素の化合物（InGaAs）、インジウム、ガリウム、砒素およびリンの化合物（InGaAsP）等が挙げられる。これらは、通信波長を考慮して使い分ければよく、例えば、通信波長が0.85μm帯の場合にはGaAlAsを使用することができ、通信波長が1.3μm帯や1.55μm帯の場合には、InGaAsやInGaAsPを使用することができる。

【0023】また、上記受光素子および上記発光素子はワイヤボンディング型のものであってもよいが、フリップチップ型のものであることが望ましい。フリップチップ型の受光素子や発光素子は、実装時にセルフアライメント作用により位置ズレが発生しにくく、また、表面実装した場合にリペアーが容易だからである。

【0024】また、上記ICチップ実装用基板に光信号伝送用光路が形成されている場合、該光信号伝送用光路の内部は空隙であってもよいが、該光信号伝送用光路の壁面には導体層が形成されていてもよく、また、該光信号伝送用光路の内部には光路用樹脂層が形成されていてもよい。なお、上記導体層および上記光路用樹脂層は、それぞれ光信号伝送用光路の一部に形成されていてもよい。上記光信号伝送用光路の壁面に導体層が形成されている場合、該導体層は光沢を有する金属により形成されていることが望ましく、上記光沢を有する金属の具体例としては、例えば、Ni、Au、Ag等が挙げられる。また、上記光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層が形成されている場合、該光路用樹脂層の材質としては特に限定されないが、その通信波長光の透過率が70%以上であることが望ましい。

【0025】なお、上記光路用樹脂層の通信波長光の透過率とは、長さ1mmあたりの通信波長光の透過率をいう。具体的には、強さ $I_1$ の光が上記光路用樹脂層に入射し、該光路用樹脂層を1mm通過して出てきたとした際に、出てきた光の強さが $I_2$ である場合に下記式（1）により算出される値である。

【0026】

$$\text{透過率}(\%) = (I_2 / I_1) \times 100 \cdots (1)$$

【0027】また、上記ICチップ実装用基板は、基板の両面または片面に、導体回路および層間絶縁層が順次積層形成されたものであることが望ましい。具体的には、例えば、心材が含まれた樹脂基板等からなる基板の両面または片面に、導体回路および層間絶縁層がビルドアップ法により形成されており、さらに、上記層間絶縁層を挟んだ導体回路を接続するバイアホールが形成されていることが望ましい。このような構成とすることにより、受光素子および発光素子、さらには、ICチップを実装した際にもICチップ実装用基板に反りや応力が発生しにくく、これらに起因した受光素子および発光素子等の位置ズレが発生しにくい。また、ビルドアップ法により導体回路、層間絶縁層およびバイアホールを形成することにより、ICチップ実装用基板の配線を微細配線にすることができ、ICチップ実装用基板の高密度化を図ることができる。さらには、受光素子および発光素子と、ICチップとの間を確実に電氣的に接続することができる。

【0028】また、上記ICチップ実装用基板は、電気信号を伝達するための半田バンプが形成されていることが望ましい。これにより、外部電子部品との間で電気信

号の伝送を行うことができるからである。

【0029】また、上記光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板には、光導波路が形成されており、この光導波路を介して光信号の伝送を行うことができる。また、上記多層プリント配線板においては、上記受光素子および発光素子と上記光導波路との間で光信号を伝送するための光信号伝送用光路が形成されていることが望ましい。この光信号伝送用光路を介してICチップ実装用基板に形成された受光素子や発光素子との間で光信号の伝送を行うことができるからである。

【0030】また、上記多層プリント配線板に上記光信号伝送用光路を適宜形成することにより、多層プリント配線板の設計の自由度がより向上することとなり、これにより多層プリント配線板の高密度化、ひいては光通信用デバイスの高密度化を達成することができる。これは、光導波路の形成位置を多層プリント配線板の設計に応じて自由に選択することにより、多層プリント配線板内にデッドスペースを少なうすることができからである。上記デッドスペースとは、導体回路の形成や、コンデンサ等の電子部品の実装が制限される領域のことをいう。通常、光導波路は、基板や層間絶縁層の全面または一部を横切るように形成されるため、光導波路の近辺の領域は導体回路の形成等が制限されることとなる。

【0031】上記光導波路の材料としては、例えば、石英ガラス、化合物半導体、ポリマー材料等が挙げられる。これらのなかでは、加工性に優れるとともに、多層プリント配線板の層間絶縁層との密着性に優れ、低コストである点からポリマーが望ましい。

【0032】上記ポリマー材料としては、従来公知のものを用いることができ、具体的には、例えば、PMMA（ポリメチルメタクリレート）、重水素化PMMA、重水素フッ素化PMMA等のアクリル樹脂；フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂；エポキシ樹脂；UV硬化性エポキシ樹脂；重水素化シリコン樹脂等のシリコン樹脂；ベンゾシクロブテンから製造されるポリマー等が挙げられる。

【0033】また、上記光導波路の厚さは1～50μmが望ましく、その幅は1～50μmが望ましい。上記多層プリント配線板において、ICチップ実装用基板の受光素子に対向する位置に形成された光導波路と、ICチップ実装用基板の発光素子に対向する位置に形成された光導波路とは同一の材料からなるものであることが望ましい。また、上記光導波路には、光路交換ミラーが形成されていることが望ましい。光路交換ミラーを形成することにより、光路を所望の角度に変更することが可能だからである。上記光路交換ミラーの形成は、後述するように、例えば、光導波路の一端を研削することにより行うことができる。また、上記多層プリント配線板は、電気信号を伝達するための半田バンプが形成されていることが望ましい。これにより、外部電子部品との間で電気

信号の伝送を行うことができるからである。

【0034】具体的には、例えば、両者を半田バンプを介して接続することにより、上記受光素子および上記発光素子と上記光導波路とが対向する所定の位置に配置することができる。半田のセルフアライメント作用を利用することができるからである。なお、上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板とがPGAやBGAを介して接続されている場合にも同様の効果を得ることができる。

10 【0035】以上、説明したように、本発明の光通信用デバイスでは、ICチップ実装用基板に実装された受光素子および発光素子と、多層プリント配線板に形成された光導波路との間で光信号を伝送することができるように構成されており、必要に応じて、適宜、光信号伝送用光路が上記ICチップ実装用基板および／または多層プリント配線板に形成されている。また、上述した構成からなる本発明の光通信用デバイスでは、ICチップ実装用基板に実装した受光素子および発光素子、ならびに、多層プリント配線板に形成した光導波路に位置ズレが発生しにくいため、光信号の接続信頼性に優れることとなる。

20 【0036】以下、上記した構成からなる光通信用デバイスの実施形態について、図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。なお、図1には、ICチップが実装された状態の光通信用デバイスを示す。

30 【0037】図1に示すように、本発明の光通信用デバイス150は、ICチップ140を実装したICチップ実装用基板120と多層プリント配線板100とから構成され、ICチップ実装用基板120と多層プリント配線板100とは、半田接続部141を介して電氣的に接続されている。

40 【0038】ICチップ用実装基板120は、基板121の両面に導体回路124（124a、124b）と層間絶縁層122とが積層形成され、基板121を挟んだ導体回路同士、および、層間絶縁層122を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール129（129a、129b）およびバイアホール127（127a、127b、127c、127d）により電氣的に接続されている。また、ICチップ用実装基板120の最外層には、半田バンプを備えたソルダーレジスト層134が形成されており、加えて、多層プリント配線板100と対向する側の最外層は、受光部138aおよび発光部139aがそれぞれ露出するように、受光素子138および発光素子139を備えている。

50 【0039】多層プリント配線板100は、基板101の両面に導体回路104と層間絶縁層102とが積層形成され、基板101を挟んだ導体回路同士、および、層間絶縁層102を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール109およびバイアホール107により電気



的に接続されている。また、多層プリント配線板100のICチップ用実装基板120と対向する側の最外層には、光路用開口111と半田バンプとを備えたソルダーレジスト層114が形成されるとともに、光路用開口111(111a、111b)直下に光交換ミラー119(119a、119b)を備えた光導波路118(118a、118b)が形成されている。

【0040】このような構成からなる光通信用デバイス150では、光ファイバ(図示せず)を介して外部から送られてきた光信号が、光導波路118aに導入され、光路交換ミラー119aおよび光路用開口111aを介して受光素子138(受光部138a)に送られた後、受光素子138で電気信号に変換され、さらに、導電層142a-導体回路124a-バイアホール127a-スルーホール129a-バイアホール127b-半田接続部143aを介してICチップ140に送られることとなる。

【0041】また、ICチップ140から送り出された電気信号は、半田接続部143b-バイアホール127c-スルーホール129b-バイアホール127d-導体回路124b-導電層142bを介して発光素子139に送られた後、発光素子139で光信号に変換され、この光信号が発光素子139(発光部139a)から光路用開口111bおよび光交換ミラー119b介して光導波路118bに導入され、さらに、光ファイバ(図示せず)を介して光信号として外部に送りだされることとなる。

【0042】本発明の光通信用デバイスでは、ICチップ実装用基板内、即ち、ICチップに近い位置で、光/電気信号変換を行うため、電気信号の伝送距離が短く、より高速通信に対応することができる。また、ICチップから送り出された電気信号は、上述したように光信号に変換された後、光ファイバを介して外部に送りだされるだけでなく、半田バンプを介して多層プリント配線板に送られ、該多層プリント配線板の導体回路(バイアホール、スルーホールを含む)を介して、多層プリント配線板に実装された他のICチップ等の電子部品に送られることとなる。図1に示すような本発明の光通信用デバイス150では、受光素子および発光素子が多層プリント配線板と対向する側の面に実装されることとなる。

【0043】本発明の光通信用デバイスの実施形態は、図1に示す形態に限定されるものではなく、例えば、図2～6に示すような形態であってもよい。図2～6は、それぞれ本発明の光通信用デバイスの別の一例を模式的に示す断面図である。なお、図2～6には、ICチップが実装された状態の光通信用デバイスを示す。また、図2～6に示したそれぞれの光通信用デバイスの構成は、基本的には、図1に示した光通信用デバイスの実施形態と略同一であるため、ここでは、図1に示した光通信用デバイス150と異なる点についてのみ説明することと

する。

【0044】図2に示す光通信用デバイス250では、ICチップ実装用基板220に、これを貫通する光信号伝送用光路251が形成されており、この光信号伝送用光路251は、その壁面の一部に導体層251bが形成され、さらに、その内部の一部に光路用樹脂251aが充填されている。また、ICチップ実装用基板220では、ICチップ240が実装された側の面に受光素子238および発光素子239が実装され、光信号伝送用光路251を介して、受光素子238や発光素子239と光導波路219(219a、219b)との間で光信号を伝送することができるように構成されている。この光通信用デバイス250では、受光素子238および発光素子239がICチップ実装用基板220のICチップ240を実装した面と同じ側の面に実装されており、受光素子238や発光素子239と光導波路219とは光信号伝送用光路251を介して光信号の伝送を行うことができる。

【0045】図3に示す光通信用デバイス350では、多層プリント配線板300に、基板301と層間絶縁層302とソルダーレジスト層314とを貫通する光信号伝送用光路361が形成されており、この光信号伝送用光路361を介して、光導波路319(319a、319b)と受光素子338や発光素子339との間で光信号の伝送を行うことができるように構成されている。さらに、この光信号伝送用光路361は、その壁面の一部に導体層361bが形成され、その内部の一部に光路用樹脂361aが充填されている。また、多層プリント配線板300では、光導波路319の形成位置が、図1に示す多層プリント配線板100と異なっており、基板301を挟んでICチップ実装用基板320と反対側の最外層の層間絶縁層302上に形成されている。この光通信用デバイス350では、受光素子338や発光素子339と光導波路319とが、多層プリント配線板300に形成された基板301と層間絶縁層302とソルダーレジスト層314とを貫通する光信号伝送用光路361を介して光信号の伝送を行うことができる。

【0046】図4に示す光通信用デバイス450では、ICチップ実装用基板420に、これを貫通する光信号伝送用光路451が形成されており、この光信号伝送用光路451は、その壁面の一部に導体層451bが形成されており、さらに、その内部の一部には光路用樹脂451aが充填されている。このICチップ実装用基板420の構成は、図2に示したICチップ実装用基板220の構成と同一である。

【0047】また、多層プリント配線板400に、基板401と層間絶縁層402とソルダーレジスト層414とを貫通する光信号伝送用光路461が形成されており、この光信号伝送用光路461を介して、光導波路419と受光素子438や発光素子439との間で光信号



の伝送を行うことができるように構成されている。この多層プリント配線板400の構成は、図3に示した多層プリント配線板300の構成と同一である。この光通信デバイス450では、受光素子438や発光素子439と光導波路419とが、ICチップ実装用基板420に形成された、これを貫通する光信号伝送用光路451と、多層プリント配線板400に形成された基板401と層間絶縁層402とソルダーレジスト層414とを貫通する光信号伝送用光路461とを介して光信号の伝送を行うことができる。

【0048】また、図5に示すICチップ実装用基板では、受光素子538がICチップ実装用基板520の多層プリント配線板500と対向する側の面に実装されており、発光素子539が多層プリント配線板500と対向する側の面と反対側の面に実装されている。また、発光素子539が多層プリント配線板500に形成された光導波路との間で光信号の伝送を行うことができるように、ICチップ実装用基板520を貫通する光信号伝送用光路551が形成されている。光信号伝送用光路551は、その壁面の一部に導体層551bが形成され、その内部の一部に光路用樹脂層551aが形成されている。

【0049】また、多層プリント配線板500には、光導波路が形成されており、受光素子538との間で光信号を伝送するための光導波路518aが、基板501を挟んでICチップ実装用基板520に近い側の最外層の層間絶縁層502上に形成されており、発光素子539との間で光信号を伝送するための光導波路518bは、基板501を挟んでICチップ実装用基板520と反対側の最外層の層間絶縁層502上に形成されている。さらに、多層プリント配線板500には、発光素子539と光導波路618bとの間で光信号を伝送するための光信号伝送用光路561が形成されている。光信号伝送用光路561は、基板501と層間絶縁層502とソルダーレジスト層514とを貫通するように形成されており、その壁面の一部には導体層561bが形成され、その内部の一部には光路用樹脂層561aが形成されている。

【0050】この光通信デバイス550では、発光素子539と光導波路519bとが、ICチップ実装用基板520に形成された、これを貫通する光信号伝送用光路551と、多層プリント配線板500に形成された基板501と層間絶縁層502とソルダーレジスト層514とを貫通する光信号伝送用光路561とを介して光信号の伝送を行うことができる。なお、受光素子538と光導波路519aとは、多層プリント配線板500のソルダーレジスト層に形成された光路用開口511aを介して光信号を伝送することができる。

【0051】また、図6に示す光通信デバイス650では、ICチップ実装用基板620の多層プリント配線

板600と対向する側の面と反対側の面に受光素子638が実装されており、発光素子639が多層プリント配線板600と対向する側の面に実装されている。また、受光素子638が多層プリント配線板600に形成された光導波路618aとの間で光信号の伝送を行うことができるように、ICチップ実装用基板620を貫通する光信号伝送用光路651が形成されている。この光信号伝送用光路651は、その壁面の一部に導体層651aが形成されており、その内部の一部に光路用樹脂層が形成されている。

【0052】また、多層プリント配線板600には、光導波路619が形成されており、受光素子638との間で光信号を伝送するための光導波路618aは、基板601を挟んでICチップ実装用基板620に近い側の最外層の層間絶縁層上に形成されており、発光素子639との間で光信号を伝送するための光導波路618bは、基板601を挟んでICチップ実装用基板620と反対側の最外層の層間絶縁層上に形成されている。さらに、多層プリント配線板600には、発光素子639と光導波路618bとの間で光信号を伝送するための光信号伝送用光路661が形成されている。光信号伝送用光路661は、基板601と層間絶縁層602とソルダーレジスト層614とを貫通するように形成されており、その壁面の一部には導体層661bが形成され、その内部の一部には光路用樹脂層661aが形成されている。

【0053】この光通信デバイス650では、発光素子639と光導波路619bとが、多層プリント配線板600に形成された基板601と層間絶縁層602とソルダーレジスト層614を貫通する光信号伝送用光路661を介して光信号の伝送を行うことができる。また、受光素子638と光導波路619aとは、ICチップ実装用基板620に形成された、これを貫通する光信号伝送用光路651を介して光信号を伝送することができる。図1～6に示した光通信デバイスに形成された光信号伝送用光路は、その壁面に導体層が形成され、その内部に光路用樹脂層が形成されているが、これらの導体層や光路用樹脂層は必要に応じて形成すればよい。

【0054】なお、上述したように、本発明のICチップ実装用基板の実施形態は、図1～6に示した形態に限定されるわけではなく、受光素子や発光素子の実装位置、光導波路の形成位置、光信号伝送用光路を形成するか否かを適宜選択して組み合わせた形態であればよい。また、このような本発明の光通信デバイスに実装されるICチップは、ワイヤボンディングにより実装されるものであってもよいし、フリップチップ接続により実装されるものであってもよいが、フリップチップ接続により実装されるものであることが望ましい。

【0055】次に、本発明の光通信デバイスを製造する方法について説明する。上記光通信デバイスは、例えば、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを

10

20

30

40

50

別々に製造した後、ICチップ実装用基板の受光素子および発光素子と、多層プリント配線板の導体回路とが対向するように両者を配置し、さらに、リフロー処理により、両者の位置を調整しながら半田バンプ同士を接続し、半田接続部を形成することにより製造する。従って、ここでは、まず、ICチップ実装用基板の製造方法と、多層プリント配線板の製造方法とを別々に説明し、その後、両者を接続する方法について説明することとする。

【0056】まず、ICチップ実装用基板の製造方法について説明する。なお、上述したように、上記ICチップ実装用基板はビルドアップ法を用いて形成されていることが望ましいため、ここではビルドアップ法によるICチップ実装用基板を中心に説明することとする。

【0057】(1) 絶縁性基板を出発材料とし、まず、該絶縁性基板上に導体回路を形成する。上記絶縁性基板としては、例えば、ガラスエポキシ基板、ポリエステル基板、ポリイミド基板、ビスマレイミドトリアジン(BT)樹脂基板、熱硬化性ポリフェニレンエーテル基板、銅張積層板、RCC基板等が挙げられる。また、窒化アルミニウム基板等のセラミック基板や、シリコン基板を用いてもよい。上記導体回路は、例えば、上記絶縁性基板の表面に無電解めっき処理等によりベタの導体層を形成した後、エッチング処理を施すことにより形成することができる。また、銅張積層板やRCC基板にエッチング処理を施すことにより形成してもよい。

【0058】また、上記絶縁性基板を挟んだ導体回路間の接続をスルーホールにより行う場合には、例えば、上記絶縁性基板にドリルやレーザ等を用いて貫通孔を形成した後、無電解めっき処理等を施すことによりスルーホールを形成しておく。なお、上記貫通孔の直径は、通常、100〜300 $\mu$ mである。また、スルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充填することが望ましい。

【0059】また、この工程では、必要に応じて、スルーホール用の貫通孔を形成するとともに、光信号伝送用光路を形成するための貫通孔(以下、光路用貫通孔ともいう)を形成してもよい。また、上記光路用貫通孔の壁面には、必要に応じて、導体層を形成してもよい。上記導体層は、光沢を有する金属を用いて形成することが望ましく、具体的には、例えば、Ni、Au、Ag等を用いて形成することが望ましい。さらに、上記光路用貫通孔内には、光路用樹脂層を形成するための樹脂組成物を充填してよい。なお、樹脂組成物の充填は、後工程で、光路用貫通孔と連通した開口を有する層間絶縁層を形成した後に行ってもよい。

【0060】(2) 次に、必要に応じて、導体回路の表面に粗化形成処理を施す。上記粗化形成処理としては、例えば、黒化(酸化)-還元処理、第二銅錯体と有機酸塩とを含むエッチング液等を用いたエッチング処理、C

u-Ni-P針状合金めっきによる処理等を挙げることができる。ここで、粗化面を形成した場合、該粗化面の平均粗度は、通常、0.1〜5 $\mu$ mが望ましく、導体回路と層間絶縁層との密着性、導体回路の電気信号伝送能に対する影響等を考慮すると2〜4 $\mu$ mがより望ましい。なお、この粗化形成処理は、スルーホール内に樹脂充填材を充填する前に行い、スルーホールの壁面にも粗化面を形成してもよい。スルーホールと樹脂充填材との密着性が向上するからである。

【0061】(3) 次に、導体回路を形成した基板上に、熱硬化性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部がアクリル化された樹脂や、これらと熱可塑性樹脂とを含む樹脂複合体からなる未硬化の樹脂層を形成するか、または、熱可塑性樹脂からなる樹脂層を形成する。上記未硬化の樹脂層は、未硬化の樹脂をロールコーター、カーテンコーター等により塗布したり、未硬化(半硬化)の樹脂フィルムを熱圧着したりすることにより形成することができる。また、上記熱可塑性樹脂からなる樹脂層は、フィルム上に成形した樹脂成形体を熱圧着することにより形成することができる。

【0062】これらのなかでは、未硬化(半硬化)の樹脂フィルムを熱圧着する方法が望ましく、樹脂フィルムの圧着は、例えば、真空ラミネータ等を用いて行うことができる。また、圧着条件は特に限定されず、樹脂フィルムの組成等を考慮して適宜選択すればよいが、通常は、圧力0.25〜1.0MPa、温度40〜70℃、真空度13〜1300Pa、時間10〜120秒程度の条件で行うことが望ましい。

【0063】上記熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ポリエステル樹脂、ビスマレイミド樹脂、ポリオレフィン系樹脂、ポリフェニレンエーテル樹脂、ポリフェニレン樹脂、フッ素樹脂等が挙げられる。上記エポキシ樹脂の具体例としては、例えば、フェノールノボラック型、クレゾールノボラック型等のノボラック型エポキシ樹脂や、ジシクロペンタジエン変成した脂環式エポキシ樹脂等が挙げられる。

【0064】上記感光性樹脂としては、例えば、アクリル樹脂等が挙げられる。また、上記熱硬化性樹脂の一部をアクリル化した樹脂としては、例えば、上記した熱硬化性樹脂の熱硬化基とメタクリル酸やアクリル酸とをアクリル化反応させたもの等が挙げられる。

【0065】上記熱可塑性樹脂としては、例えば、フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン(PES)、ポリスルホン(PSF)、ポリフェニレンスルホン(PPS)ポリフェニレンサルファイド(PPEs)、ポリフェニレンエーテル(PPE)ポリエーテルイミド(PI)等が挙げられる。

【0066】また、上記樹脂複合体としては、熱硬化性樹脂や感光性樹脂(熱硬化性樹脂の一部をアクリル化し

た樹脂も含む)と熱可塑性樹脂とを含むものであれば特に限定されず、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との具体的な組み合わせとしては、例えばフェノール樹脂/ポリエーテルスルホン、ポリイミド樹脂/ポリスルホン、エポキシ樹脂/ポリエーテルスルホン、エポキシ樹脂/フェノキシ樹脂等が挙げられる。また、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との具体的な組み合わせとしては、例えば、アクリル樹脂/フェノキシ樹脂、エポキシ基の一部をアクリル化したエポキシ樹脂とポリエーテルスルホン等が挙げられる。

【0067】また、上記樹脂複合体における熱硬化性樹脂や感光性樹脂と熱可塑性樹脂との配合比率は、熱硬化性樹脂または感光性樹脂/熱可塑性樹脂=95/5~50/50が望ましい。耐熱性を損なうことなく、高い靱性値を確保することができるからである。

【0068】また、上記樹脂層は、2層以上の異なる樹脂層から構成されていてもよい。具体的には、例えば、下層が熱硬化性樹脂または感光性樹脂/熱可塑性樹脂=50/50の樹脂複合体から形成され、上層が熱硬化性樹脂または感光性樹脂/熱可塑性樹脂=90/10の樹脂複合体から形成されている等である。このような構成にすることにより、絶縁性基板との優れた密着性を確保するとともに、後工程でバイアホール用開口等を形成する際の形成容易性を確保することができる。また、上記樹脂層の代わりに心材入りの基材やガラエポ入り樹脂基材等からなる層を形成してもよい。

【0069】また、上記樹脂層は、粗化面形成用樹脂組成物を用いて形成してもよい。上記粗化面形成用樹脂組成物とは、例えば、酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に対して難溶性の未硬化の耐熱性樹脂マトリックス中に、酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に対して可溶性の物質が分散されたものである。なお、上記「難溶性」および「可溶性」という語は、同一の粗化液に同一時間浸漬した場合に、相対的に溶解速度の早いものを便宜上「可溶性」といい、相対的に溶解速度の遅いものを便宜上「難溶性」と呼ぶ。

【0070】上記耐熱性樹脂マトリックスとしては、層間絶縁層に上記粗化液を用いて粗化面を形成する際に、粗化面の形状を保持することができるものが好ましく、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、これらの複合体等が挙げられる。また、感光性樹脂を用いることにより、層間絶縁層に露光、現像処理を用いてバイアホール用開口を形成してもよい。

【0071】上記熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂等が挙げられる。また、上記熱硬化性樹脂を感光化する場合は、メタクリル酸やアクリル酸等を用い、熱硬化基を(メタ)アクリル化反応させる。

【0072】上記エポキシ樹脂としては、例えば、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂、ビスフェノールA型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂、フェノールノボラック型エポキシ樹脂、アルキルフェノールノボラック型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂、ナフタレン型エポキシ樹脂、ジシクロペンタジエン型エポキシ樹脂、フェノール類とフェノール性水酸基を有する芳香族アルデヒドとの縮合物のエポキシ化物、トリグリシジルイソシアヌレート、脂環式エポキシ樹脂等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上併用してもよい。それにより、耐熱性等に優れるものとなる。

【0073】上記熱可塑性樹脂としては、例えば、フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン、ポリスルホン、ポリフェニレンスルホン、ポリフェニレンサルファイド、ポリフェニルエーテル、ポリエーテルイミド等が挙げられる。これらは単独で用いてもよいし、2種以上併用してもよい。

【0074】上記酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に対して可溶性の物質は、無機粒子、樹脂粒子および金属粒子から選ばれる少なくとも1種であることが望ましい。

【0075】上記無機粒子としては、例えば、アルミニウム化合物、カルシウム化合物、カリウム化合物、マグネシウム化合物、ケイ素化合物等が挙げられる。これらは単独で用いてもよいし、2種以上併用してもよい。

【0076】上記アルミニウム化合物としては、例えば、アルミナ、水酸化アルミニウム等が挙げられ、上記カルシウム化合物としては、例えば、炭酸カルシウム、水酸化カルシウム等が挙げられ、上記カリウム化合物としては、例えば、炭酸カリウム等が挙げられ、上記マグネシウム化合物としては、例えば、マグネシア、ドロマイト、塩基性炭酸マグネシウム、タルク等が挙げられ、上記ケイ素化合物としては、例えば、シリカ、ゼオライト等が挙げられる。これらは単独で用いてもよいし、2種以上併用してもよい。

【0077】上記アルミナ粒子は、ふっ酸で溶解除去することができ、炭酸カルシウムは塩酸で溶解除去することができる。また、ナトリウム含有シリカやドロマイトはアルカリ水溶液で溶解除去することができる。

【0078】上記樹脂粒子としては、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂等からなるものが挙げられ、酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に浸漬した場合に、上記耐熱性樹脂マトリックスよりも溶解速度の早いものであれば特に限定されず、具体的には、例えば、アミノ樹脂(メラミン樹脂、尿素樹脂、グアナミン樹脂等)、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、フェノキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ポリフェニレン樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂、ビスマレイミド・トリアジン樹脂等が挙げられる。これらは、単独で

用いてもよく、2種以上併用してもよい。なお、上記樹脂粒子は予め硬化処理されていることが必要である。硬化させておかないと上記樹脂粒子が樹脂マトリックスを溶解させる溶剤に溶解してしまうこととなるからである。

【0079】また、上記樹脂粒子としては、ゴム粒子や液相樹脂、液相ゴム等を用いてもよい。上記ゴム粒子としては、例えば、アクリロニトリル・ブタジエンゴム、ポリクロロブレンゴム、ポリイソブレンゴム、アクリルゴム、多硫系剛性ゴム、フッ素ゴム、ウレタンゴム、シリコーンゴム、ABS樹脂等が挙げられる。また、例えば、ポリブタジエンゴム、エポキシ変性、ウレタン変性、(メタ)アクリロニトリル変性等の各種変性ポリブタジエンゴム、カルボキシル基を含有した(メタ)アクリロニトリル・ブタジエンゴム等を使用してもよい。

【0080】上記液相樹脂としては、上記熱硬化性樹脂の未硬化溶液を使用することができ、このような液相樹脂の具体例としては、例えば、未硬化のエポキシオリゴマーとアミン系硬化剤の混合液等が挙げられる。上記液相ゴムとしては、例えば、上記したポリブタジエンゴム、エポキシ変性、ウレタン変性、(メタ)アクリロニトリル変性等の各種変性ポリブタジエンゴム、カルボキシル基を含有した(メタ)アクリロニトリル・ブタジエンゴム等の未硬化溶液等を使用することができる。

【0081】上記液相樹脂や液相ゴムを用いて上記感光性樹脂組成物を調製する場合には、耐熱性樹脂マトリックスと可溶性の物質とが均一に相溶しない(つまり相分離するように)ように、これらの物質を選択する必要がある。上記基準により選択された耐熱性樹脂マトリックスと可溶性の物質とを混合することにより、上記耐熱性樹脂マトリックスの「海」の中に液相樹脂または液相ゴムの「島」が分散している状態、または、液相樹脂または液相ゴムの「海」の中に、耐熱性樹脂マトリックスの「島」が分散している状態の感光性樹脂組成物を調製することができる。そして、このような状態の感光性樹脂組成物を硬化させた後、「海」または「島」の液相樹脂または液相ゴムを除去することにより粗化面を形成することができる。

【0082】上記金属粒子としては、例えば、金、銀、銅、スズ、亜鉛、ステンレス、アルミニウム、ニッケル、鉄、鉛等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上併用してもよい。また、上記金属粒子は、絶縁性を確保するために、表層が樹脂等により被覆されていてもよい。

【0083】上記可溶性の物質を、2種以上混合して用いる場合、混合する2種の可溶性の物質の組み合わせとしては、樹脂粒子と無機粒子との組み合わせが望ましい。両者とも導電性が低いため、層間絶縁層の絶縁性を確保できるとともに、難溶性樹脂との間で熱膨張の調整が図りやすく、粗化面形成用樹脂組成物が

らなる層間絶縁層にクラックが発生せず、層間絶縁層と導体回路との間で剥離が発生しないからである。

【0084】上記粗化液として用いる酸としては、例えば、リン酸、塩酸、硫酸、硝酸や、蟻酸、酢酸等の有機酸等が挙げられるが、これらのなかでは有機酸を用いることが望ましい。粗化処理した場合に、バイアホールから露出する金属導体層を腐食させにくいからである。上記酸化剤としては、例えば、クロム酸、クロム硫酸、アルカリ性過マンガン酸塩(過マンガン酸カリウム等)の水溶液等を用いることが望ましい。また、上記アルカリとしては、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム等の水溶液が望ましい。

【0085】上記可溶性の物質の平均粒径は、10 $\mu$ m以下が望ましい。また、平均粒径が2 $\mu$ m以下の平均粒径の相対的に大きな粗粒子と平均粒径が相対的に小さな微粒子とを組み合わせ使用してもよい。即ち、平均粒径が0.1~0.5 $\mu$ mの可溶性の物質と平均粒径が1~2 $\mu$ mの可溶性の物質とを組み合わせる等である。

【0086】このように、平均粒子と相対的に大きな粗粒子と平均粒径が相対的に小さな微粒子とを組み合わせることにより、無電解めっき膜の溶解残渣をなくし、めっきレジスト下のパラジウム触媒量を少なくし、さらに、浅くて複雑な粗化面を形成することができる。さらに、複雑な粗化面を形成することにより、粗化面の凹凸が小さくても実用的なピール強度を維持することができる。上記粗粒子は平均粒径が0.8 $\mu$ mを超え2.0 $\mu$ m未満であり、微粒子は平均粒径が0.1~0.8 $\mu$ mであることが望ましい。

【0087】(4)次に、その材料として熱硬化性樹脂や樹脂複合体を用いた層間絶縁層を形成する場合には、未硬化の樹脂絶縁層に硬化処理を施すとともに、バイアホール用開口を形成し、層間絶縁層とする。また、この工程では、必要に応じて、貫通孔(スルーホール形成用の貫通孔や光信号伝送用光路形成用の貫通孔)を形成してもよい。上記バイアホール用開口は、レーザ処理により形成することが望ましい。また、層間絶縁層の材料として感光性樹脂を用いた場合には、露光現像処理により形成してもよい。

【0088】また、その材料として熱可塑性樹脂を用いた層間絶縁層を形成する場合には、熱可塑性樹脂からなる樹脂層にバイアホール用開口を形成し、層間絶縁層とする。この場合、バイアホール用開口は、レーザ処理を施すことにより形成することができる。また、この工程で貫通孔を形成する場合、該貫通孔は、ドリル加工やレーザ処理等により形成すればよい。また、上記(1)の工程で、光路用貫通孔を形成した場合、ここでは、バイアホール用開口を形成するとともに、上記光路用貫通孔に連通した光路用開口を形成することが望ましい。この光路用開口もまた、後工程を経て光信号伝送用光路の一部となる。

【0089】上記レーザ処理に使用するレーザとしては、例えば、炭酸ガスレーザ、紫外線レーザ、エキシマレーザ等が挙げられる。これらのなかでは、エキシマレーザや短パルスの炭酸ガスレーザが望ましい。

【0090】また、エキシマレーザのなかでも、ホログラム方式のエキシマレーザを用いることが望ましい。ホログラム方式とは、レーザ光をホログラム、集光レンズ、レーザマスク、転写レンズ等を介して目的物に照射する方式であり、この方式を用いることにより、一度の照射で樹脂フィルム層に多数の開口を効率的に形成することができる。

【0091】また、炭酸ガスレーザを用いる場合、そのパルス間隔は、 $10^{-4}$ ～ $10^{-2}$ 秒であることが望ましい。また、開口を形成するためのレーザを照射する時間は、 $10\sim500\mu$ 秒であることが望ましい。また、光学系レンズと、マスクとを介してレーザ光を照射することにより、一度に多数のバイアホール用開口を形成することができる。光学系レンズとマスクとを介することにより、同一強度で、かつ、照射強度が同一のレーザ光を複数の部分に照射することができるからである。このようにしてバイアホール用開口を形成した後、必要に応じて、デスミア処理を施してもよい。

【0092】(5)次に、バイアホール用開口の内壁を含む層間絶縁層の表面に、導体回路を形成する。導体回路を形成するにあたっては、まず、層間絶縁層の表面に薄膜導体層を形成する。上記薄膜導体層は、無電解めっき、スパッタリング等の方法により形成することができる。

【0093】上記薄膜導体層の材質としては、例えば、銅、ニッケル、スズ、亜鉛、コバルト、タリウム、鉛等が挙げられる。これらのなかでは、電気特性、経済性等に優れる点から銅や銅およびニッケルからなるものが望ましい。また、上記薄膜導体層の厚さとしては、無電解めっきにより薄膜導体層を形成する場合には、 $0.3\sim2.0\mu$ mが望ましく、 $0.6\sim1.2\mu$ mがより望ましい。また、スパッタリングにより形成する場合には、 $0.1\sim1.0\mu$ mが望ましい。

【0094】また、上記薄膜導体層を形成する前に、必要に応じて、層間絶縁層の表面に粗化面を形成しておいてもよい。粗化面を形成することにより、層間絶縁層と薄膜導体層との密着性を向上させることができる。特に、粗化面形成樹脂組成物を用いて層間絶縁層を形成した場合には、酸や酸化剤等を用いて粗化面を形成することが望ましい。

【0095】また、上記(4)の工程でスルーホール形成用の貫通孔を形成した場合には、層間絶縁層上に薄膜導体層を形成する際に、該貫通孔の壁面にも薄膜導体層を形成することによりスルーホールとしてもよい。また、上記(4)の工程で光路用貫通孔を形成した場合には、該光路用貫通孔の壁面にも導体層を形成してもよ

く、その場合、上述したような光沢を有する金属からなる導体層を形成することが望ましい。

【0096】(6)次いで、その表面に薄膜導体層が形成された基板の上にめっきレジストを形成する。上記めっきレジストは、例えば、感光性ドライフィルムを張り付けた後、めっきレジストパターンが描画されたガラス基板等からなるフォトマスクを密着配置し、露光現像処理を施すことにより形成することができる。

【0097】(7)その後、薄膜導体層をめっきリードとして電気めっきを行い、上記めっきレジスト非形成部に電気めっき層を形成する。上記電気めっきとしては、銅めっきが望ましい。また、上記電気めっき層の厚さ、 $5\sim20\mu$ mが望ましい。

【0098】その後、上記めっきレジストと該めっきレジスト下の無電解めっき膜および薄膜導体層とを除去することにより導体回路(バイアホールを含む)を形成することができる。上記めっきレジストの除去は、例えば、アルカリ水溶液等を用いて行えばよく、上記薄膜導体層の除去は、硫酸と過酸化水素との混合液、過硫酸ナトリウム、過硫酸アンモニウム、塩化第二鉄、塩化第二銅等のエッチング液を用いて行えばよい。また、上記導体回路を形成した後、必要に応じて、層間絶縁層上の触媒を酸や酸化剤を用いて除去してもよい。電気特性の低下を防止することができるからである。また、このめっきレジストを形成した後、電気めっき層を形成する方法(工程(6)および(7))に代えて、薄膜導体層上の全面に電気めっき層を形成した後、エッチング処理を施す方法を用いて導体回路を形成してもよい。

【0099】また、上記(4)および(5)の工程においてスルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充填してもよい。また、スルーホール内に樹脂充填材を充填した場合、必要に応じて、無電解めっきを行うことにより樹脂充填材層の表層部を覆う蓋めっき層を形成してもよい。また、上記(4)の工程で、光路用貫通孔を形成した場合には、この工程で、別途、光路用樹脂層を形成するための樹脂組成物を充填してもよい。

【0100】(8)次に、蓋めっき層を形成した場合には、必要に応じて、該蓋めっき層の表面に粗化処理を行い、さらに、必要に応じて、(3)～(7)の工程を繰り返すことにより、その両面に層間絶縁層と導体回路とを積層形成する。なお、この工程では、スルーホールを形成してもよいし、形成しなくてもよい。また、場合によっては、この工程で光路用貫通孔を形成してもよい。

【0101】(9)次に、導体回路と層間絶縁層とを形成した基板の最外層にソルダーレジスト層を形成する。上記ソルダーレジスト層は、例えば、ポリフェニレンエーテル樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂、熱可塑性エラストマー、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂等からなるソルダーレジスト組成物を用いて形成することがで



きる。

【0102】また、上記以外のソルダーレジスト組成物としては、例えば、ノボラック型エポキシ樹脂の（メタ）アクリレート、イミダゾール硬化剤、2官能性（メタ）アクリル酸エステルモノマー、分子量500～5000程度の（メタ）アクリル酸エステルの重合体、ビスフェノール型エポキシ樹脂等からなる熱硬化性樹脂、多価アクリル系モノマー等の感光性モノマー、グリコールエーテル系溶剤などを含むペースト状の流動体が挙げられ、その粘度は25℃で1～10Pa・sに調整されていることが望ましい。

【0103】（10）次に、上記ソルダーレジスト層に、半田バンプ形成用開口と光学素子実装用開口とを形成する。上記半田バンプ形成用開口と光学素子実装用開口との形成は、バイアホール用開口を形成する方法と同様の方法、即ち、露光現像処理やレーザ処理を用いて行うことができる。また、ソルダーレジスト層を形成する際に、予め、所望の位置に開口を有する樹脂フィルムを作製し、該樹脂フィルムを張り付けることにより、半田バンプ形成用開口と光学素子実装用開口とを有するソルダーレジスト層を形成してもよい。また、上述した工程で光路用貫通孔を形成した場合には、該光路用貫通孔と連通した開口をソルダーレジスト層に形成する。この開口もまた、光信号伝送用光路の一部となる。なお、場合によっては、上述した導体回路、層間絶縁層およびソルダーレジスト層を基板上に形成した後、これらを貫通する光路用貫通孔を一度に形成してもよい。

【0104】（11）次に、上記半田バンプ形成用開口を形成することにより露出した導体回路部分を、必要に応じて、ニッケル、スズ、パラジウム、金、銀、白金等の耐食性金属により被覆し、半田パッドとする。これらのなかでは、ニッケル-金、ニッケル-銀、ニッケル-パラジウム、ニッケル-パラジウム-金等の金属により被覆層を形成することが望ましい。上記被覆層は、例えば、めっき、蒸着、電着等により形成することができるが、これらのなかでは、被覆層の均一性に優れるという点からめっきにより形成することが望ましい。また、この工程では、光学素子実装用開口を形成することにより露出した導体回路部分にも被覆層を形成することが望ましい。

【0105】（12）次に、上記半田パッドに相当する部分に開口部が形成されたマスクを介して、上記半田パッドに半田ペーストを充填した後、リフローすることにより半田バンプを形成する。

【0106】（13）さらに、ソルダーレジスト層に光学素子（受光素子および発光素子）を実装する。光学素子の実装は、例えば、上記（12）の工程で光学素子実装用開口にも半田ペーストを充填しておき、さらに、リフローを行う際に、上記光学素子を取り付けることにより半田（導電層）を介して実装すればよい。また、半田

ペーストに代えて、導電性接着剤等を用いて光学素子を実装してもよい。これらの方法を用いた場合には、受光素子および発光素子はソルダーレジスト層の表面に実装されることとなる。また、ICチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路を形成した場合も、受光素子や発光素子は、ソルダーレジスト層の表面に実装する望ましい。その理由は上述した通りである。また、この工程で実装する光学素子（受光素子や発光素子）は、フリップチップタイプのものが望ましい。

【0107】また、上記した表面実装する方法に代えて、上記（10）の工程で光学素子実装用開口を形成する際に光学素子を収納することができる大きさで開口を形成し、その後、導電性接着剤を介して開口内に光学素子を収納することにより実装してもよい。この場合、受光素子および発光素子はソルダーレジスト層に内蔵されることとなる。このような工程を経ることにより、本発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造することができる。

【0108】次に、多層プリント配線板の製造方法について説明する。

（1）まず、上記ICチップ実装用基板の製造方法の（1）～（8）と同様の工程を行いその両面に導体回路と層間絶縁層とが繰り返して積層形成された基板を作製する。なお、この工程でも、スルーホールを適宜形成しておく。また、この工程では、ICチップ実装用基板の製造工程と同様、必要に応じて、光信号伝送用光路を形成するための光路用貫通孔を形成する。光路用貫通孔を形成するかどうかは、光導波路の形成位置等の多層プリント配線板の設計を考慮して適宜決定すればよい。また、上記光路用貫通孔を形成した場合には、該光路用貫通孔の壁面に光沢を有する金属等からなる導体層を形成してもよい。また、光路用貫通孔の内部に、光路用樹脂層を形成するための樹脂組成物を充填してもよい。

【0109】（2）次に、ICチップ実装用基板と対向する側の層間絶縁層上の導体回路非形成部に光導波路を形成する。上記光導波路の形成は、その材料に石英ガラス等の無機材料を用いて行う場合、予め、所定の形状に成形しておいた光導波路を接着剤を介して取り付けることにより行うことができる。また、上記（1）の工程で基板および層間絶縁層を貫通する光路を形成した場合には、基板を挟んでICチップ実装用基板と側と反対側の層間絶縁層上に光導波路を形成することとなる。なお、光導波路の形成位置は、最外層の層間絶縁層上に限定されるわけではなく、層間絶縁層同士の間であってもよい。また、上記無機材料からなる光導波路は、例えば、 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 等の無機材料を液相エピタキシャル法、化学堆積法（CVD）、分子線エピタキシャル法等により成膜させることにより形成することができる。

【0110】また、上記光導波路をポリマー材料を用い

て形成する場合は、予め、基板や離型フィルム上でフィルム状に成形しておいた光導波路形成用フィルムを層間絶縁層上に張り付けたり、層間絶縁層上に直接形成することより、光導波路を形成することができる。具体的には、選択重合法、反応性イオンエッチングとフォトリソグラフィとを用いる方法、直接露光法、射出成形を用いる方法、フォトリソ法、これらを組み合わせた方法等を用いて形成することができる。なお、これらの方法は、光導波路を基板や離型フィルム上に形成する場合にも、層間絶縁層上に形成する直接形成する場合にも用いることができる。

【0111】また、上記光導波路には、光路変換ミラーを形成する。上記光路変換ミラーを層間絶縁層上に取り付ける前に形成しておいてもよいし、層間絶縁層上に取り付けた後に形成してもよいが、該光導波路を層間絶縁層上に直接形成する場合を除いて、予め光路変換ミラーを形成しておくことが望ましい。作業を容易に行うことができ、また、作業時に多層プリント配線板を構成する他の部材、例えば、導体回路や層間絶縁層等に傷を付けたり、これらを破損させたりするおそれがないからである。

【0112】上記光路変換ミラーを形成する方法としては特に限定されず、従来公知の形成方法を用いることができる。具体的には、先端がV形90°のダイヤモンドソーや刃物による機械加工、反応性イオンエッチングによる加工、レーザアブレーション等を用いることができる。

【0113】(3)次に、光導波路を形成した基板の最外層にソルダーレジスト層を形成する。上記ソルダーレジスト層は、例えば、上記ICチップ実装用基板のソルダーレジスト層を形成する際に用いた樹脂組成物と同様の樹脂組成物を用いて形成することができる。

【0114】(4)次に、ICチップ実装用基板と対向する側のソルダーレジスト層に半田バンプ形成用開口と光路用開口とを形成する。上記半田バンプ形成用開口と光路用開口との形成は、ICチップ実装用基板に半田バンプ形成用開口を形成する方法と同様の方法、即ち、露光現像処理やレーザ処理等を用いて行うことができる。なお、上記半田バンプ形成用開口の形成と、光路用開口の形成とは同時に行ってもよいし、別々に行ってもよい。また、上記(1)～(3)の工程において、基板および層間絶縁層を貫通する光路を形成した場合には、この開口に連通した光路用開口をソルダーレジスト層に形成する。このように連通した光路用開口を形成することにより、この光路用開口は、光信号伝送用光路の一部となる。ソルダーレジスト層を形成した後に、基板と層間絶縁層とソルダーレジスト層とを貫通する光路を一度に形成してもよい。

【0115】これらのなかでは、ソルダーレジスト層を形成する際に、その材料として感光性樹脂を含む樹脂組

成物を塗布し、露光現像処理を施すことにより半田バンプ形成用開口と光路用開口とを形成する方法を選択することが望ましい。露光現像処理により光路用開口を形成する場合には、開口形成時に、該光路用開口の下に存在する光導波路に傷を付けるおそれがないからである。また、ソルダーレジスト層を形成する際に、予め、所望の位置に開口を有する樹脂フィルムを作製し、該樹脂フィルムを張り付けることにより、半田バンプ形成用開口と光路用開口とを有するソルダーレジスト層を形成してもよい。

【0116】また、必要に応じて、ICチップ実装用基板と対向する面と反対側のソルダーレジスト層にも半田バンプ形成用開口を形成してもよい。後工程を経ることにより、ICチップ実装用基板と対向する面と反対側のソルダーレジスト層にも外部接続端子を形成することができるからである。

【0117】(5)次に、上記半田バンプ形成用開口を形成することにより露出した導体回路部分を、必要に応じて、ニッケル、スズ、パラジウム、金、銀、白金等の耐食性金属により被覆し、半田パッドとする。具体的には、ICチップ実装用基板に半田パッドを形成する方法と同様の方法を用いて行えばよい。

【0118】(6)次に、上記半田パッドに相当する部分に開口部が形成されたマスクを介して、上記半田パッドに半田ペーストを充填した後、リフローすることにより半田バンプを形成する。なお、場合によっては、PGAやBGAを形成してもよい。また、ICチップ実装用基板と対向する面と反対側のソルダーレジスト層では、外部基板接続面に、ピンを配設したり、半田ボールを形成したりすることにより、PGA(Pin Grid Array)やBGA(Ball Grid Array)としてもよい。このような工程を経ることにより、本発明の光通信デバイスを構成する多層プリント配線板を製造することができる。

【0119】次に、上記した方法で製造したICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを用い、光通信デバイスを製造する方法について説明する。まず、上記ICチップ実装用基板の半田バンプと、上記多層プリント配線板の半田バンプとにより半田接続部を形成し、両者を電気的に接続する。即ち、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とをそれぞれ所定の位置に、所定の向きで対向配置し、リフローすることにより両者を接続する。

【0120】また、この工程では、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを両者の半田バンプを用いて接続するため、両者を対向配置した際に、両者の間で若干の位置ズレが存在していても、リフロー時に半田によるセルフアライメント効果で両者を所定の位置に配置することができる。

【0121】次に、上記ICチップ実装用基板にICチップを実装し、その後、必要に応じて、樹脂封止を行う



ことにより光通信デバイスとする。上記ICチップの実装は従来公知の方法で行うことができる。なお、ICチップは、上述したように、フリップチップ接続により実装することができるものが望ましい。また、ICチップの実装を、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続する前に、ICチップを実装したICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続することにより光通信デバイスとしてもよい。

【0122】

【実施例】以下、本発明をさらに詳細に説明する。

（実施例1）

#### A. ICチップ実装用基板の作製

##### A-1. 層間絶縁層用樹脂フィルムの作製

ビスフェノールA型エポキシ樹脂（エポキシ当量469、油化シェルエポキシ社製エビコート1001）30重量部、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂（エポキシ当量215、大日本インキ化学工業社製 エピクロンN-673）40重量部、トリアジン構造含有フェノールノボラック樹脂（フェノール性水酸基当量120、大日本インキ化学工業社製 フェノライトKA-705）30重量部をエチルジグリコールアセテート20重量部、ソルベントナフサ20重量部に攪拌しながら加熱溶解させ、そこへ末端エポキシ化ポリブタジエンゴム（ナガセ化成工業社製 デナレックスR-45EPT）15重量部と2-フェニル-4、5-ビス（ヒドロキシメチル）イミダゾール粉砕品1.5重量部、微粉砕シリカ2重量部、シリコン系消泡剤0.5重量部を添加しエポキシ樹脂組成物を調製した。得られたエポキシ樹脂組成物を厚さ38 $\mu$ mのPETフィルム上に乾燥後の厚さが50 $\mu$ mとなるようにロールコーターを用いて塗布した後、80~120℃で10分間乾燥させることにより、層間絶縁層用樹脂フィルムを作製した。

【0123】A-2. 貫通孔充填用樹脂組成物の調製  
ビスフェノールF型エポキシモノマー（油化シェル社製、分子量：310、YL983U）100重量部、表面にシランカップリング剤がコーティングされた平均粒径が1.6 $\mu$ mで、最大粒子の直径が15 $\mu$ m以下のSiO<sub>2</sub>球状粒子（アドテック社製、CRS 1101-CE）170重量部およびレベリング剤（サンノブコ社製 ベレノールS4）1.5重量部を容器にとり、攪拌混合することにより、その粘度が23 $\pm$ 1℃で45~49Pa $\cdot$ sの樹脂充填材を調製した。なお、硬化剤として、イミダゾール硬化剤（四国化成社製、2E4MZ-CN）6.5重量部を用いた。

##### 【0124】A-3. ICチップ実装用基板の製造

（1）厚さ0.8mmのガラスエポキシ樹脂またはBT（ビスマレイミドトリアジン）樹脂からなる絶縁性基板21の両面に18 $\mu$ mの銅箔28がラミネートされている銅張積層板を出発材料とした（図7（a）参照）。まず、この銅張積層板をドリル削孔し、無電解めっき処理

を施し、パターン状にエッチングすることにより、基板21の両面に導体回路24とスルーホール29とを形成した。

【0125】（2）スルーホール29と導体回路24とを形成した基板を水洗いし、乾燥した後、NaOH（10g/l）、NaClO<sub>2</sub>（40g/l）、Na<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>（6g/l）を含む水溶液を黒化浴（酸化浴）とする黒化処理、および、NaOH（10g/l）、NaBH<sub>4</sub>（6g/l）を含む水溶液を還元浴とする還元処理を行い、スルーホール29を含む導体回路24の表面に粗化面24a、29aを形成した（図7（b）参照）。

【0126】（3）上記A-2に記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製後24時間以内に、スルーホール29内および基板21の片面の導体回路非形成部と導体回路24の外縁部とに樹脂充填材30'の層を形成した。すなわち、まず、スキージを用いてスルーホール内に樹脂充填材を押し込んだ後、100℃、20分の条件で乾燥させた。次に、導体回路非形成部に相当する部分が開口したマスクを基板上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、100℃、20分の条件で乾燥させることにより樹脂充填材30'の層を形成した（図7（c）参照）。

【0127】（4）上記（3）の処理を終えた基板の片面を、#600のベルト研磨紙（三共理化学社製）を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路24の表面やスルーホール29のランド表面に樹脂充填材30'が残らないように研磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。このような一連の研磨を基板の他方の面についても同様に行った。次いで、100℃で1時間、120℃で3時間、150℃で1時間、180℃で7時間の加熱処理を行って樹脂充填材層30を形成した。

【0128】このようにして、スルーホール29や導体回路非形成部に形成された樹脂充填材30の表層部および導体回路24の表面を平坦化し、樹脂充填材30と導体回路24の側面24aとが粗化面を介して強固に密着し、また、スルーホール29の内壁面29aと樹脂充填材30とが粗化面を介して強固に密着した絶縁性基板を得た（図7（d）参照）。この工程により、樹脂充填材層30の表面と導体回路24の表面とが同一平面となる。

【0129】（5）上記基板を水洗、酸性脱脂した後、ソフトエッチングし、次いで、エッチング液を基板の両面にスプレーで吹き付けて、導体回路24の表面とスルーホール29のランド表面と内壁とをエッチングすることにより、導体回路24の全表面に粗化面24a、29aを形成した（図8（a）参照）。エッチング液として、イミダゾール銅（II）錯体10重量部、グリコール酸7重量部、塩化カリウム5重量部を含むエッチング

液（メック社製、メックエッチボンド）を使用した。

【0130】（6）次に、上記A-1で作製した基板より少し大きめの層間絶縁層用樹脂フィルムを基板上に載置し、圧力0.4MPa、温度80℃、圧着時間10秒の条件で仮圧着して裁断した後、さらに、以下の方法により真空ラミネータ装置を用いて貼り付けることにより層間絶縁層22を形成した（図8（b）参照）。すなわち、層間絶縁層用樹脂フィルムを基板上に、真空度65Pa、圧力0.4MPa、温度80、時間60秒の条件で本圧着し、その後、170℃で30分間熱硬化させた。

【0131】（7）次に、層間絶縁層22上に、厚さ1.2mmの貫通孔が形成されたマスクを介して、波長10.4μmのCO<sub>2</sub>ガスレーザにて、ビーム径4.0mm、トップハットモード、パルス幅8.0μ秒、マスクの貫通孔の径1.0mm、1ショットの条件で層間絶縁層22に、直径80μmのバイアホール用開口26を形成した（図8（c）参照）。

【0132】（8）バイアホール用開口26を形成した基板を、60g/lの過マンガン酸を含む80℃の溶液に10分間浸漬し、層間絶縁層22の表面に存在するエポキシ樹脂粒子を溶解除去することにより、バイアホール用開口26の内壁面を含むその表面に粗化面を形成した（図8（d）参照）。

【0133】（9）次に、上記処理を終えた基板を、中和溶液（シブレイ社製）に浸漬してから水洗いした。さらに、粗面化処理（粗化深さ3μm）した該基板の表面に、パラジウム触媒を付与することにより、層間絶縁層22の表面（バイアホール用開口26の内壁面を含む）に触媒核を付着させた（図示せず）。即ち、上記基板を塩化パラジウム（PdCl<sub>2</sub>）と塩化第一スズ（SnCl<sub>2</sub>）とを含む触媒液中に浸漬し、パラジウム金属を析出させることにより触媒を付与した。

【0134】（10）次に、以下の組成の無電解銅めっき水溶液中に、基板を浸漬し、層間絶縁層22の表面（バイアホール用開口26の内壁面を含む）、および、貫通孔29の壁面に厚さ0.6~3.0μmの無電解銅めっき膜32を形成した（図9（a）参照）。

【0135】〔無電解銅めっき水溶液〕

NiSO <sub>4</sub>	0.003 mol/l	40
酒石酸	0.200 mol/l	
硫酸銅	0.030 mol/l	
HCHO	0.050 mol/l	
NaOH	0.100 mol/l	
α、α'-ピビリジル	100 mg/l	
ポリエチレングリコール（PEG）	0.10 g/l	
〔無電解銅めっき条件〕30℃の液温度で40分		

【0136】（11）次に、無電解銅めっき膜32が形成された基板に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、100mJ/cm<sup>2</sup>で露光し、

0.8%炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、厚さ20μmのめっきレジスト23を設けた（図9（b）参照）。

【0137】（12）ついで、基板を50℃の水で洗浄して脱脂し、25℃の水で水洗後、さらに硫酸で洗浄してから、以下の条件で電解めっきを施し、めっきレジスト23非形成部に、厚さ20μmの電解銅めっき膜33を形成した（図9（c）参照）。

【0138】〔電解めっき液〕

硫酸	2.24 mol/l
硫酸銅	0.26 mol/l
添加剤	19.5 ml/l
（アトテックジャパン社製、カバラシドGL）	

〔電解めっき条件〕

電流密度	1 A/dm <sup>2</sup>
時間	65 分
温度	22±2 ℃

【0139】（13）さらに、めっきレジスト23を5%NaOHで剥離除去した後、そのめっきレジスト23下の無電解銅めっき膜を硫酸と過酸化水素との混合液でエッチング処理して溶解除去し、無電解銅めっき膜32と電解銅めっき膜33とからなる厚さ18μmの導体回路25（バイアホール27を含む）を形成した（図9（d）参照）。さらに、上記（5）の工程で用いたエッチング液と同様のエッチング液（メックエッチボンド）を用い、導体回路25（バイアホール27を含む）表面に粗化面を形成した。

【0140】（14）次に、ジエチレングリコールジメチルエーテル（DMDG）に60重量%の濃度になるように溶解させた、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂（日本化薬社製）のエポキシ基50%をアクリル化した感光性付与のオリゴマー（分子量：4000）46.67重量部、メチルエチルケトンに溶解させた80重量%のビスフェノールA型エポキシ樹脂（油化シェル社製、商品名：エビコート1001）15.0重量部、イミダゾール硬化剤（四国化成社製、商品名：2E4MZ-CN）1.6重量部、感光性モノマーである2官能アクリルモノマー（日本化薬社製、商品名：R604）4.5重量部、同じく多価アクリルモノマー（共栄化学社製、商品名：DPE6A）1.5重量部、分散系消泡剤（サンノブコ社製、S-65）0.71重量部を容器にとり、攪拌、混合して混合組成物を調製し、この混合組成物に対して光重合開始剤としてベンゾフェノン（関東化学社製）2.0重量部、光増感剤としてのミヒラーケトン（関東化学社製）0.2重量部、を加えることにより、粘度を25℃で2.0Pa・sに調整したソルダーレジスト組成物を得た。なお、粘度測定は、B型粘度計（東京計器社製、DVL-B型）で60min<sup>-1</sup>（rpm）の場合はローターNo.4、6min<sup>-1</sup>（rpm）の場合はローターNo.3によった。

【0141】(15)次に、層間絶縁層22と導体回路25（バイアホール27を含む）とを形成した基板の両面に、上記ソルダーレジスト組成物を30 $\mu$ mの厚さで塗布し、70℃で20分間、70℃で30分間の条件で乾燥処理を行い、ソルダーレジスト組成物の層34'を形成した（図10（a）参照）。

【0142】(16)次いで、半田バンプ形成用開口と光学素子（受光素子および発光素子）用開口のパターンが描画された厚さ5mmのフォトマスクをソルダーレジスト層に密着させて1000mJ/cm<sup>2</sup>の紫外線で露光し、DMTG溶液で現像処理し、200 $\mu$ mの直径の開口を形成した。そして、さらに、80℃で1時間、100℃で1時間、120℃で1時間、150℃で3時間の条件でそれぞれ加熱処理を行ってソルダーレジスト層を硬化させ、半田バンプ形成用開口35と光学素子用開口31とを有し、その厚さが20 $\mu$ mのソルダーレジスト層34を形成した（図10（b）参照）。なお、上記ソルダーレジスト組成物としては、市販のソルダーレジスト組成物を使用することもできる。

【0143】(17)次に、ソルダーレジスト層34を形成した基板を、塩化ニッケル（2.3 $\times 10^{-1}$ mol/l）、次亜リン酸ナトリウム（2.8 $\times 10^{-1}$ mol/l）、クエン酸ナトリウム（1.6 $\times 10^{-1}$ mol/l）を含むpH=4.5の無電解ニッケルめっき液に20分間浸漬して、半田バンプ形成用開口35と光学素子用開口31に厚さ5 $\mu$ mのニッケルめっき層を形成した。さらに、その基板をシアン化金カリウム（7.6 $\times 10^{-1}$ mol/l）、塩化アンモニウム（1.9 $\times 10^{-1}$ mol/l）、クエン酸ナトリウム（1.2 $\times 10^{-1}$ mol/l）、次亜リン酸ナトリウム（1.7 $\times 10^{-1}$ mol/l）を含む無電解金めっき液に80℃の条件で7.5分間浸漬して、ニッケルめっき層上に、厚さ0.03 $\mu$ mの金めっき層を形成し、半田パッド36とした。

【0144】(18)次に、ソルダーレジスト層34に形成した半田バンプ形成用開口35と光学素子用開口31に半田ペーストを印刷し、さらに、光学素子用開口31に印刷した半田ペーストに、受光素子38および発光素子39の受光部38aおよび発光部39aの位置合わせを行いながら取り付け、200℃でリフローすることにより、受光素子38および発光素子39を実装するとともに、半田バンプ形成用開口35に半田バンプ37を形成し、ICチップ実装用基板とした。なお、受光素子38としては、InGaAsからなるものを用い、発光素子39としては、InGaAsPからなるものを用いた（図10（c）参照）。

【0145】B. 多層プリント配線板の作製

B-1. 層間絶縁層用樹脂フィルムの作製

A-1で用いた方法と同様の方法を用いて層間絶縁層用樹脂フィルムを作製した。

B-2. 貫通孔充填用樹脂組成物の調製

A-2で用いた方法と同様の方法を用いて貫通孔充填用樹脂組成物を作製した。

【0146】B-3. 多層プリント配線板の製造

(1)厚さ0.6mmのガラスエポキシ樹脂またはBT樹脂からなる絶縁性基板1の両面に18 $\mu$ mの銅箔8がラミネートされている銅張積層板を出発材料とした（図11（a）参照）。まず、この銅張積層板をドリル削孔し、無電解めっき処理を施し、パターン状にエッチングすることにより、基板1の両面に導体回路4とスルーホール9とを形成した。

【0147】(2)スルーホール29と導体回路24とを形成した基板を水洗いし、乾燥した後、エッチング液（メック社製、メックエッチボンド）をスプレーで吹き付け、スルーホール9を含む導体回路4の表面に粗化面4a、9aを形成した（図11（b）参照）。

【0148】(3)上記B-2に記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製後24時間以内に、スルーホール9内および基板1の片面の導体回路非形成部と導体回路4の外縁部とに樹脂充填材10'の層を形成した。すなわち、まず、スキージを用いてスルーホール内に樹脂充填材を押し込んだ後、100℃、20分の条件で乾燥させた。次に、導体回路非形成部に相当する部分が開口したマスクを基板上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、100℃、20分の条件で乾燥させることにより樹脂充填材10'の層を形成した（図11（c）参照）。

【0149】(4)上記(3)の処理を終えた基板の片面を、#600のベルト研磨紙（三共理化学社製）を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路4の表面やスルーホール9のランド表面に樹脂充填材10'が残らないように研磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。このような一連の研磨を基板の他方の面についても同様に行った。次いで、100℃で1時間、120℃で3時間、150℃で1時間、180℃で7時間の加熱処理を行って樹脂充填材層10を形成した。

【0150】このようにして、スルーホール9や導体回路非形成部に形成された樹脂充填材10の表層部および導体回路4の表面を平坦化し、樹脂充填材10と導体回路4の側面4aとが粗化面を介して強固に密着し、また、スルーホール9の内壁面9aと樹脂充填材10とが粗化面を介して強固に密着した絶縁性基板を得た（図11（d）参照）。この工程により、樹脂充填材層10の表面と導体回路4の表面とが同一平面となる。

【0151】(5)上記基板を水洗、酸性脱脂した後、ソフトエッチングし、次いで、エッチング液を基板の両面にスプレーで吹き付けて、導体回路4の表面とスルーホール9のランド表面と内壁とをエッチングすることに

より、導体回路4の全表面に粗化面4a、9aを形成した(図12(a)参照)。なお、エッチング液としては、メック社製、メックエッチボンドを使用した。

【0152】(6)次に、上記B-1で作製した基板より少し大きめの層間絶縁層用樹脂フィルムを基板上に載置し、圧力0.4MPa、温度80℃、圧着時間10秒の条件で仮圧着して裁断した後、さらに、以下の方法により真空ラミネータ装置を用いて貼り付けることにより層間絶縁層2を形成した(図12(b)参照)。すなわち、層間絶縁層用樹脂フィルムを基板上に、真空度65 Pa、圧力0.4MPa、温度80、時間60秒の条件で本圧着し、その後、170℃で30分間熱硬化させた。

【0153】(7)次に、層間絶縁層2上に、厚さ1.2mmの貫通孔が形成されたマスクを介して、波長10.4μmのCO<sub>2</sub>ガスレーザにて、ビーム径4.0mm、トップハットモード、パルス幅8.0μ秒、マスクの貫通孔の径1.0mm、1ショットの条件で層間絶縁層2に、直径80μmのバイアホール用開口6を形成した(図12(c)参照)。

【0154】(8)次に、日本真空技術社製、SV-4540を用いてプラズマ処理を行い、層間絶縁層2の表面を粗化した(図12(d)参照)。ここでは、不活性ガスとしてアルゴンガスを使用し、電力200W、ガス圧0.6Pa、温度70℃の条件で2分間プラズマ処理を行った。次に、同じ装置を用い、内部のアルゴンガスを交換した後、SV-4540を用い、Niをターゲットにしたスパッタリングを、気圧0.6Pa、温度80℃、電力200W、時間5分間の条件で行い、Niからなる金属層を層間絶縁層2の表面に形成した。なおNi層の厚さは0.1μmである。

【0155】(9)次に、以下の組成の無電解銅めっき水溶液中に、Ni層を形成した基板を浸漬し、Ni層上に厚さ0.6~3.0μmの無電解銅めっき膜を形成した(図13(a)参照)。なお、図13においては、Ni層と無電解銅めっき膜とからなる層を薄膜導体層12と示している。

〔無電解めっき水溶液〕

NiSO <sub>4</sub>	0.003 mol/l
酒石酸	0.200 mol/l
硫酸銅	0.030 mol/l
HCHO	0.050 mol/l
NaOH	0.100 mol/l
α、α'-ピビリジル	100 mg/l

ポリエチレングリコール(PEG) 0.10 g/l

〔無電解めっき条件〕30℃の液温度で40分

【0156】(10)次に、薄膜導体層12が形成された基板に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、100mJ/cm<sup>2</sup>で露光し、0.8%炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、厚さ

20μmのめっきレジスト3を設けた(図13(b)参照)。

【0157】(11)ついで、基板を50℃の水で洗浄して脱脂し、25℃の水で水洗後、さらに硫酸で洗浄してから、以下の条件で電解めっきを施し、めっきレジスト3非形成部に、厚さ20μmの電解銅めっき膜3を形成した(図13(c)参照)。

〔電解めっき液〕

硫酸	2.24 mol/l
硫酸銅	0.26 mol/l
添加剤	19.5 ml/l

(アトテックジャパン社製、カバラシドGL)

〔電解めっき条件〕

電流密度	1 A/dm <sup>2</sup>
時間	65 分
温度	22±2 ℃

【0158】(12)さらに、めっきレジスト2,3を5%NaOHで剥離除去した後、そのめっきレジスト3下の薄膜導体層を硝酸、硫酸および過酸化水素との混合液でエッチング処理して溶解除去し、薄膜導体層12と電解銅めっき膜13とからなる厚さ18μmの導体回路5(バイアホール7を含む)を形成した(図13(d)参照)。

【0159】(13)次に、上記(5)~(12)の工程の工程を繰り返すことにより、上層の層間絶縁層と導体回路とを積層形成した(図14(a)~図15(a)参照)。さらに、上記(5)の工程で用いた方法と同様の方法を用いて最外層の導体回路に粗化面を形成した。

【0160】(14)次に、最外層の層間絶縁層2の表面の所定の位置に、以下の方法を用いて光路交換ミラー19を有する光導波路18を形成した(図15(b)参照)。すなわち、予め、その一端に先端がV形90°のダイヤモンドソーを用いて45°光路交換ミラー19を形成しておいたPMMAからなるフィルム状の光導波路(マイクロパーツ社製：幅1mm、厚さ20μm)を、光交換ミラー非形成側のその他端の側面と層間絶縁層の側面とが揃うように貼り付けた。なお光導波路の貼り付けは、該光導波路の層間絶縁層との接着面に熱硬化性樹脂からなる接着剤を厚さ10μmに塗布しておき、圧着後、60℃で1時間硬化させることにより行った。なお、本実施例では、60℃/1時間の条件で硬化を行ったが、場合によってはステップ硬化をおこなってもよい。貼り付け時に光導波路により応力が発生しにくいからである。

【0161】(15)次に、ジエチレングリコールジメチルエーテル(DMDG)に60重量%の濃度になるように溶解させた、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂(日本化薬社製)のエポキシ基50%をアクリル化した感光性付与のオリゴマー(分子量：4000)46.67重量部、メチルエチルケトンに溶解させた80重量%

のビスフェノールA型エポキシ樹脂（油化シェル社製、商品名：エビコート1001）15.0重量部、イミダゾール硬化剤（四国化成社製、商品名：2E4MZ-CN）1.6重量部、感光性モノマーである2官能アクリルモノマー（日本化薬社製、商品名：R604）3.0重量部、同じく多価アクリルモノマー（共栄化学社製、商品名：DPE6A）1.5重量部、分散系消泡剤（サンプロコ社製、S-65）0.71重量部を容器にとり、攪拌、混合して混合組成物を調製し、この混合組成物に対して光重合開始剤としてベンゾフェノン（関東化学社製）2.0重量部、光増感剤としてのミヒラーケトン（関東化学社製）0.2重量部、を加えることにより、粘度を25℃で2.0Pa・sに調整したソルダーレジスト組成物を調製し、さらに、光導波路18を形成した基板の両面に、上記ソルダーレジスト組成物を35μmの厚さで塗布し、70℃で20分間、70℃で30分間の条件で乾燥処理を行い、ソルダーレジスト組成物の層14'を形成した（図15（c）参照）。

【0162】（16）次いで、基板の片面に、半田パンブ形成用開口と光路用開口とのパターンが描画された厚さ5mmのフォトマスクをソルダーレジスト層に密着させて1000mJ/cm<sup>2</sup>の紫外線で露光し、DMTG溶液で現像処理し、200μmの直径の開口を形成した。そして、さらに、80℃で1時間、100℃で1時間、120℃で1時間、150℃で3時間の条件でそれぞれ加熱処理を行ってソルダーレジスト層を硬化させ、半田パンブ形成用開口15と光学素子用開口11とを有し、その厚さが20μmのソルダーレジスト層14を形成した（図16（a）参照）。

【0163】（17）次に、ソルダーレジスト層14を形成した基板を、塩化ニッケル（2.3×10<sup>-1</sup>mol/l）、次亜リン酸ナトリウム（2.8×10<sup>-1</sup>mol/l）、クエン酸ナトリウム（1.6×10<sup>-1</sup>mol/l）を含むpH=4.5の無電解ニッケルめっき液に20分間浸漬して、半田パンブ形成用開口15に厚さ5μmのニッケルめっき層を形成した。さらに、その基板をシアン化金カリウム（7.6×10<sup>-1</sup>mol/l）、塩化アンモニウム（1.9×10<sup>-1</sup>mol/l）、クエン酸ナトリウム（1.2×10<sup>-1</sup>mol/l）、次亜リン酸ナトリウム（1.7×10<sup>-1</sup>mol/l）を含む無電解金めっき液に80℃の条件で7.5分間浸漬して、ニッケルめっき層上に、厚さ0.03μmの金めっき層を形成し、半田パッド16とした。

【0164】（18）次に、ソルダーレジスト層14に形成した半田パンブ形成用開口15に半田ペーストを印刷し、200℃でリフローすることにより半田パンブ形成用開口15に半田パンブ17を形成し、多層プリント配線板とした（図16（b）参照）。

【0165】C. IC実装光通信デバイスの製造

まず、上記Aの工程を経て製造したICチップ実装用基

板に、ICチップを実装し、その後、樹脂封止を行い、IC実装基板を得た。次に、このICチップ実装基板と上記Bの工程を経て製造した多層プリント配線板とを所定の位置に対向配置させ、200℃でリフローすることにより両基板の半田パンブ同士を接続して半田接続部を形成し、IC実装光通信デバイスを製造した（図1参照）。

【0166】このようにして得られたIC実装光通信デバイスについて、受光素子に対向する光導波路の多層プリント配線板からの露出面に光ファイバを取り付け、受光素子に対向する光導波路の多層プリント配線板からの露出面に検出器を取り付けた後、光ファイバを介して光信号を送り、ICチップで演算させた後、検出器で光信号を検出したところ、所望の光信号を検出することができ、本実施例で製造したIC実装光通信デバイスが、光通信デバイスとして充分満足できる性能を有していることが明らかとなった。

【0167】また、適宜、光信号伝送用光路を形成し、それに応じて、受光素子および発光素子の実装位置、ならびに、光導波路の形成位置を変更した以外は、実施例1と同様の方法を用いて、図2～6に示した形態のIC実装光通信デバイスを製造し、このIC実装光通信デバイスについて、上記した方法で光信号の伝送能を評価したところ、光通信デバイスとして充分満足できる性能を有していることが明らかとなった。

【0168】

【発明の効果】本発明の光通信デバイスは、上記したように、所定の位置に受光素子および発光素子が実装されたICチップ実装用基板と、所定の位置に光導波路が形成された多層プリント配線板とから構成されているため、実装した光学部品間の接続損失が低く、光通信デバイスとして接続信頼性に優れる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光通信デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。

【図2】本発明の光通信デバイスの別の実施形態を模式的に示す断面図である。

【図3】本発明の光通信デバイスの別の実施形態を模式的に示す断面図である。

【図4】本発明の光通信デバイスの別の実施形態を模式的に示す断面図である。

【図5】本発明の光通信デバイスの別の実施形態を模式的に示す断面図である。

【図6】本発明の光通信デバイスの別の実施形態を模式的に示す断面図である。

【図7】本発明の光通信デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図8】本発明の光通信デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面

図である。

【図9】本発明の光通信デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図10】本発明の光通信デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図11】本発明の光通信デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図12】本発明の光通信デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図13】本発明の光通信デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図14】本発明の光通信デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

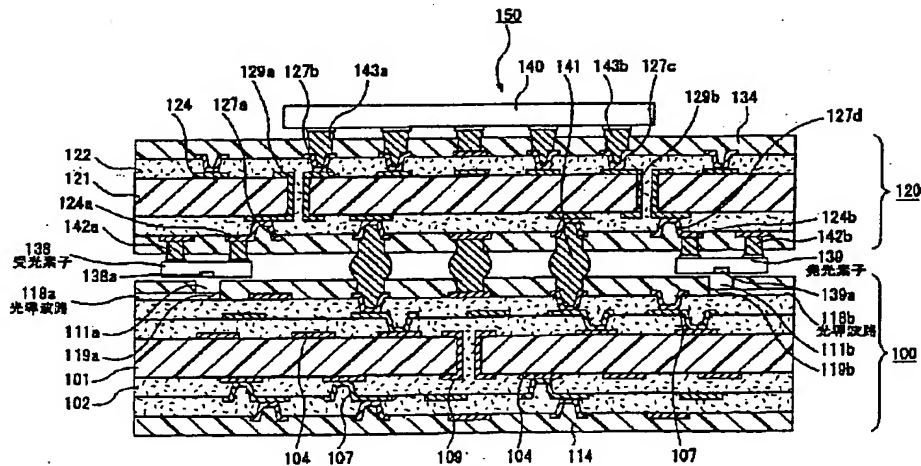
【図15】本発明の光通信デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図16】本発明の光通信デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

\*【符号の説明】

- |         |            |
|---------|------------|
| 100     | 多層プリント配線板  |
| 101     | 基板         |
| 102     | 層間絶縁層      |
| 104     | 導体回路       |
| 107     | バイアホール     |
| 109     | スルーホール     |
| 111     | 光路用開口      |
| 114     | ソルダーレジスト層  |
| 118     | 光導波路       |
| 119     | 光変換用ミラー    |
| 120     | ICチップ実装用基板 |
| 121     | 基板         |
| 122     | 層間絶縁層      |
| 124     | 導体回路       |
| 127     | バイアホール     |
| 129     | スルーホール     |
| 131     | 光学素子用開口    |
| 134     | ソルダーレジスト層  |
| 138     | 受光素子       |
| 139     | 発光素子       |
| 140     | ICチップ      |
| 141、143 | 半田接続部      |
| 142     | 導電層        |
| 150     | 光通信デバイス    |

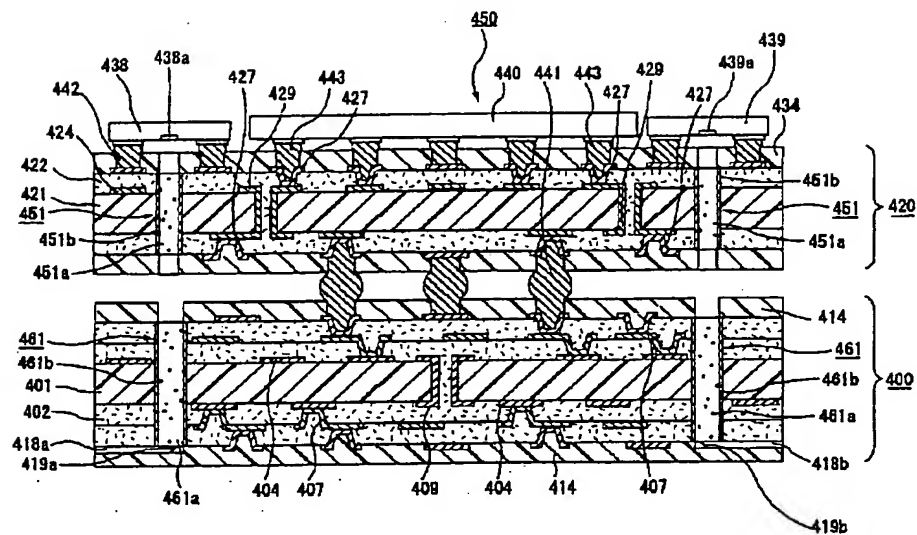
【図1】



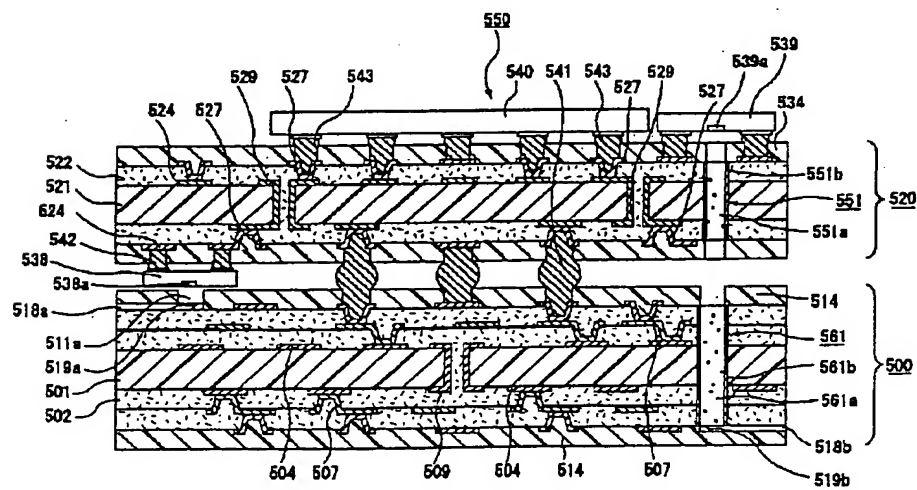




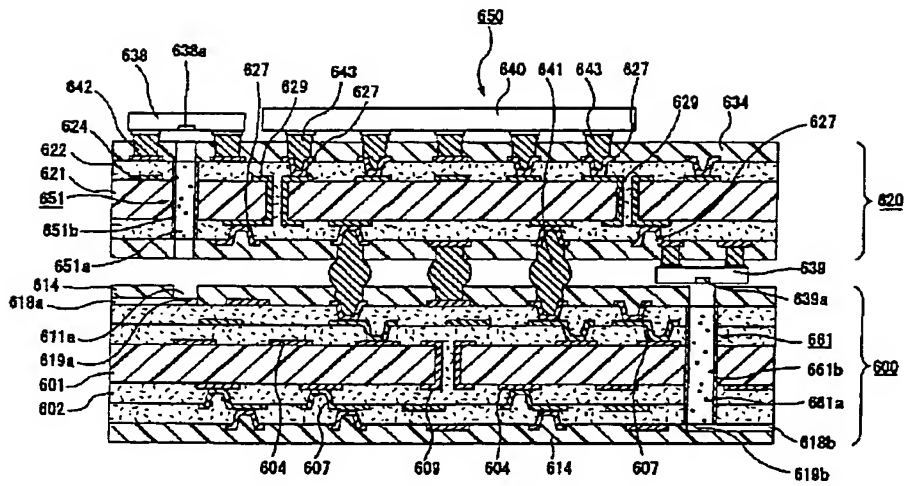
【図4】



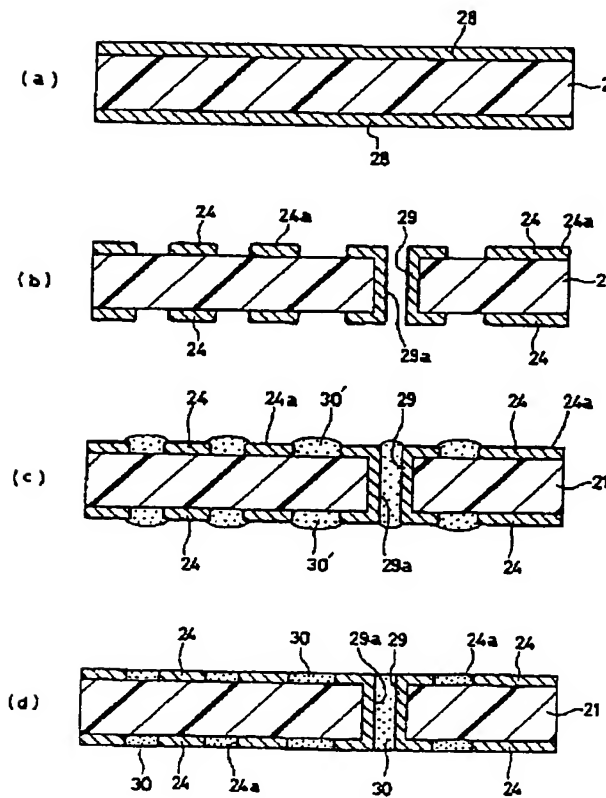
【図5】



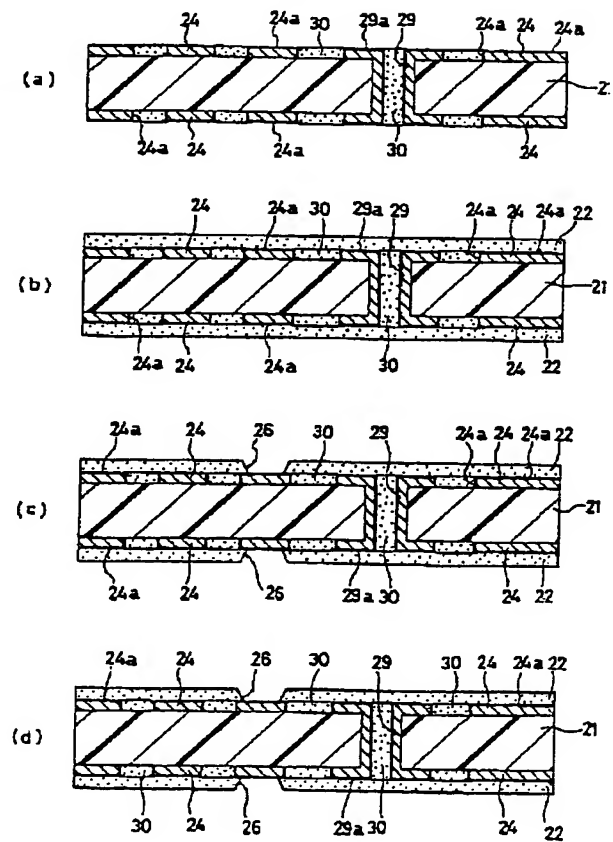
【図6】



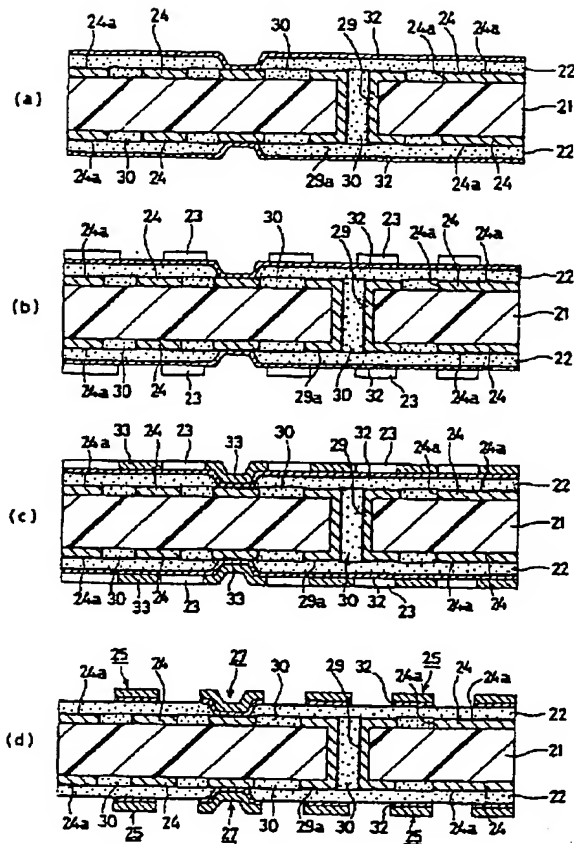
【図7】



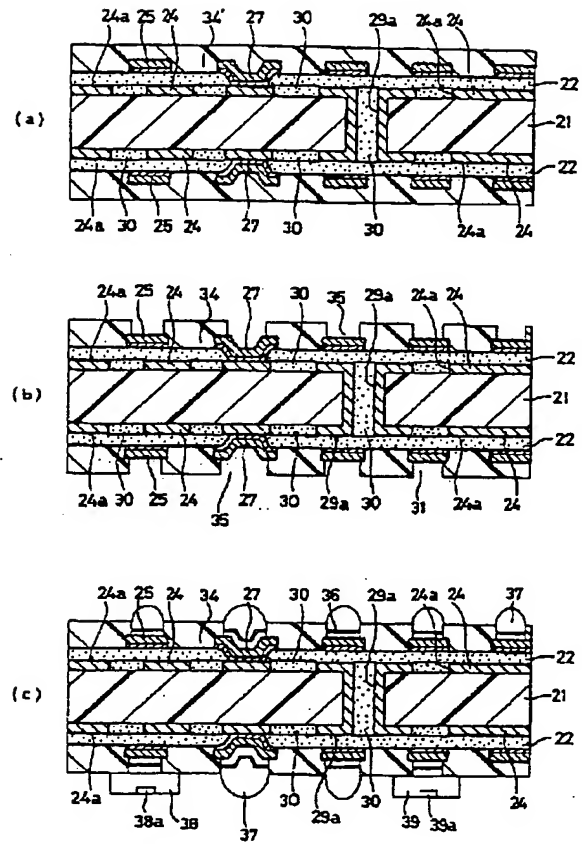
【図8】



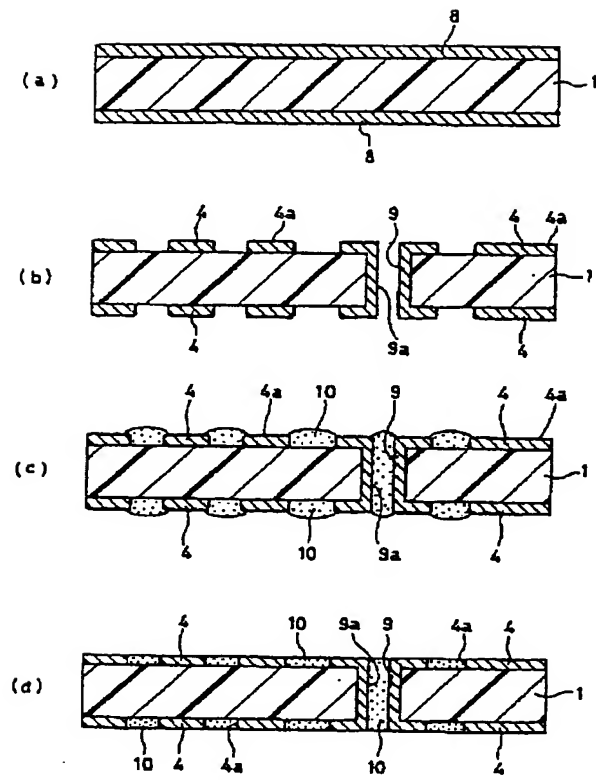
【図9】



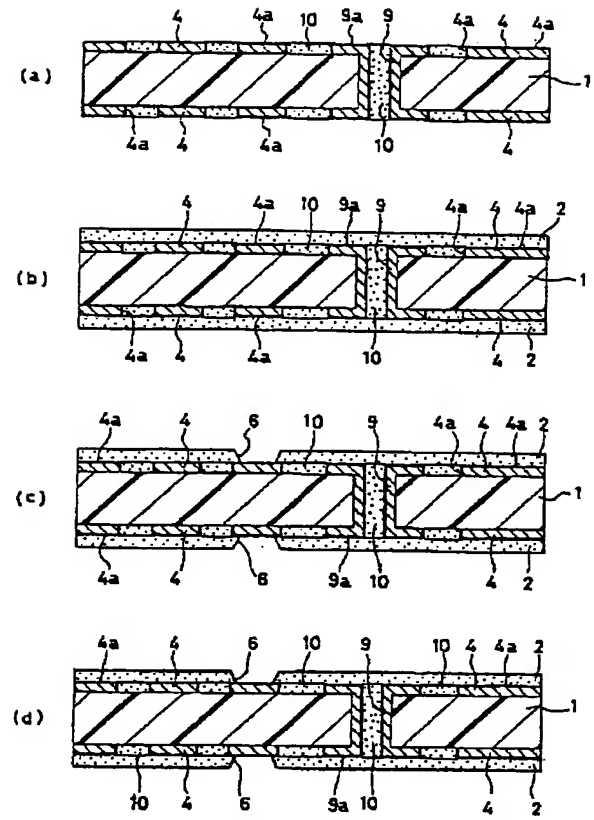
【図10】



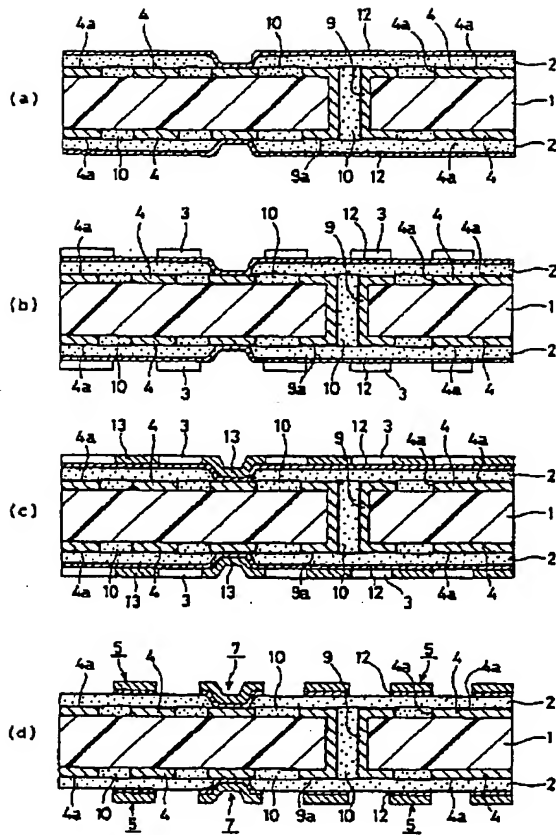
【図11】



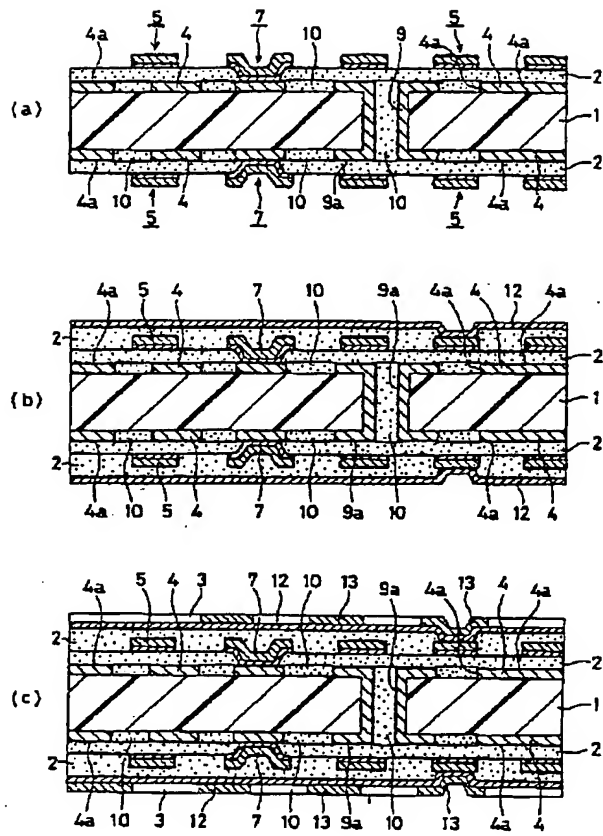
【図12】



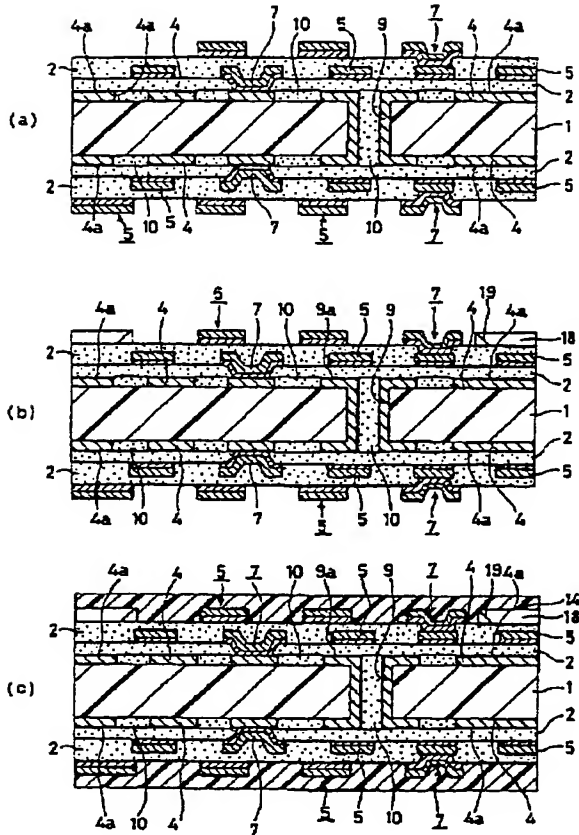
【図13】



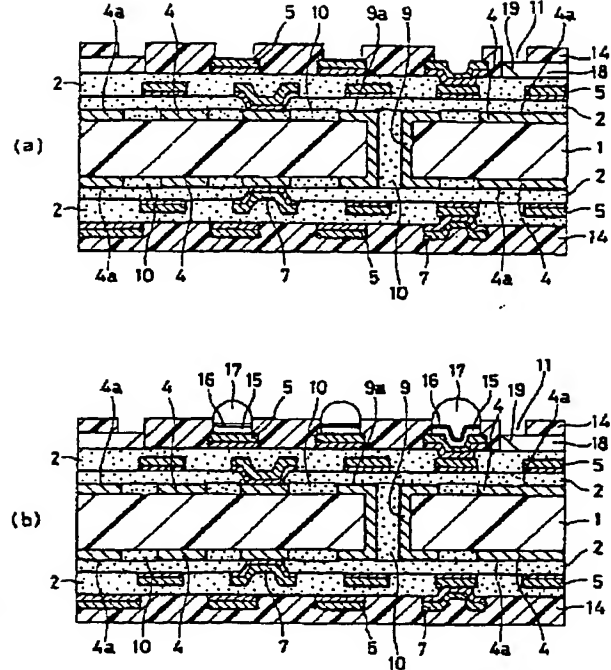
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

キーワード (参考)

H 0 1 L 33/00  
H 0 1 S 5/022  
H 0 5 K 1/02  
1/14  
3/46

H 0 5 K 1/14  
3/46  
H 0 1 L 31/02  
23/12  
G 0 2 B 6/12

A 5 F 0 4 1  
Q 5 F 0 7 3  
B 5 F 0 8 8  
F 5 F 0 8 9  
A

F ターム(参考) 2H037 AA01 BA02 BA11  
2H047 KA03 KA15 MA07 PA05 PA21  
PA24 QA03 QA05  
5E338 AA03 AA16 BB80 EE60  
5E344 AA01 AA22 BB02 BB06 CC24  
DD03  
5E346 AA02 AA12 AA43 CC04 CC09  
CC32 CC54 CC57 DD03 DD25  
DD33 DD44 EE33 FF07 FF15  
GG15 GG16 GG17 GG18 GG19  
GG25 GG28 HH40  
5F041 DA20 DA83 FF14  
5F073 BA01 FA30  
5F088 AA01 AA05 BA16 BB01 EA07  
EA08 EA09 JA20  
5F089 AA01 AC09 AC10 AC16 AC18  
AC23



**BLANK PAGE**